Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. J. Lang

ÜBER MASSE UND LAGEBEZIEHUNGEN DES BULBUS OCULI UND DER MM. RECTUS INFERIOR, RECTUS LATERALIS UND OBLIQUUS INFERIOR

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Ute Horn,

geb. von den Eichen

aus Jülich

Würzburg, den 30.10.1980

1981

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. J. Lang

ÜBER MASSE UND LAGEBEZIEHUNGEN DES BULBUS OCULI UND DER MM. RECTUS INFERIOR, RECTUS LATERALIS UND OBLIQUUS INFERIOR

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Ute Horn,

geb. von den Eichen

aus Jülich

Würzburg, den 30.10.1980

Referent:	Prof. Dr. med. J. Lang
Korreferent:	Prof. Dr. med. W.-D. Schäfer
Dekan:	Prof. Dr. med. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 23.1.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
EINLEITUNG	1
MATERIAL	2
PRÄPARATIONSVORGANG	3
MESSSTRECKEN	4
ART DER AUSWERTUNG	9
BEFUNDE	11
A.) Bulbus oculi	11
I.) Longitudinaldurchmesser	11
II.) Transversaldurchmesser	11
III.) Vertikaldurchmesser	11
B.) Cornea	13
I.) Transversaldurchmesser	13
II.) Vertikaldurchmesser	13
Zusammenfassung der Meßergebnisse am Bulbus oculi und an der Cornea	14
C.) M. rectus inferior	15
I.) 1.) Muskellänge	15
2.) Muskelgesamtlänge	16
II.) Muskelbreite	16
1.) am Ursprung	16
2.) in der Muskelmitte	16
3.) am Übergang zur Sehne	17
III.) Muskeldicke	18
IV.) Sehnenlänge	18
V.) Sehnenbreite	19
VI.) Abstand des Sehnenansatzes zum Limbus corneae	20
1.) innerer Insertionsrand - Limbus corneae	20
2.) Insertionsmitte - Limbus corneae	20
3.) seitlicher Insertionsrand - Limbus corneae	20
VII.) Abstände des Sehnenansatzes zu den Ansätzen der benachbarten Muskeln	22
1.) M. rectus inferior - M. rectus lateralis	22
2.) M. rectus inferior - M. rectus medialis	22

Zusammenfassung der Meßergebnisse des M. rectus inferior 24
D.) M. rectus lateralis 26
I.) 1.) Muskellänge 26
2.) Muskelgesamtlänge 27
II.) Muskelbreite 27
1.) am Ursprung 27
2.) in der Muskelmitte 27
3.) am Übergang zur Sehne 28
III.) Muskeldicke 29
IV.) Sehnenlänge 29
V.) Sehnenbreite 30
VI.) Abstände des Sehnenansatzes zum Limbus corneae 31
1.) oberer Insertionsrand - Limbus corneae 31
2.) Insertionsmitte - Limbus corneae 31
3.) unterer Insertionsrand - Limbus corneae 31
Zusammenfassung der Meßergebnisse des M. rectus lateralis 33
E.) M. obliquus inferior 35
I.) Muskelgesamtlänge 35
II.) Muskelbreite 36
1.) am Ursprung 36
2.) in der Muskelmitte 36
3.) ca. 2 mm vor dem Ansatz am Bulbus oculi 36
III.) Muskeldicke 37
IV.) Ansatzbreite 38
V.) Verschiedene Formen des muskulär-sehnigen Übergangs am Ansatz 39
1.) sehniger Ansatz 39
a.) mit geradem Muskel-Sehnen-Übergang 39
b.) mit schrägem Muskel-Sehnen-Übergang 39
2.) muskulärer Ansatz 40
a.) rein muskulär 40
b.) überwiegend muskulär mit Sehnendreieck 40
VI.) Abstände des Ansatzes zum Limbus corneae 41
1.) vorderer Insertionsrand - Limbus corneae 41
2.) hinterer Insertionsrand - Limbus corneae 41

VII.) Abstände des Ansatzes zum Nervus opticus 42
1.) vorderer Insertionsrand - Nervus opticus 42
2.) hinterer Insertionsrand - Nervus opticus 42
VIII.) Abstände der Ansätze: M. obliquus inferior - M. rectus lateralis 43
1.) vorderer Insertionsrand des M. obliquus inferior zum unteren Insertionsrand des M. rectus lateralis 43
2.) hinterer Insertionsrand des M. obliquus inferior zum oberen Insertionsrand des M. rectus lateralis 43
IX.) Abstände zwischen den Ansätzen der Mm. obliqui 44
1.) Abstand zwischen den beiden vorderen Insertionsrändern 44
2.) Abstand zwischen den beiden hinteren Insertionsrändern 44
X.) Ansatzvariation des M. obliquus inferior 45
Zusammenfassung der Meßergebnisse des M. obliquus inferior 46
DISKUSSION 48
A.) Diskussion der Meßergebnisse am Bulbus oculi 48
I.) Material 48
II.) Ergebnisse 48
- Longitudinaldurchmesser 48
- Transversaldurchmesser 48
- Vertikaldurchmesser 49
Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) der Bulbusdurchmesser 49
B.) Diskussion der Meßergebnisse an der Cornea 50
I.) Material 50
II.) Ergebnisse 50
- Transversaldurchmesser 50
- Vertikaldurchmesser 50
Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) der Corneadurchmesser 51

C.) Diskussion der Meßergebnisse an den Muskeln 52
I.) Material 52
II.) Ergebnisse 53
1.) M. rectus inferior 53
- Muskellänge/Muskelgesamtlänge 53
- Sehnenlänge 54
- Sehnenbreite 54
- Abstand des Sehnenansatzes zum Limbus corneae 54
a.) innerer Insertionsrand - Limbus corneae 54
b.) Insertionsmitte - Limbus corneae 55
c.) seitlicher Insertionsrand - Limbus corneae 55
Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) des M. rectus inferior 56
2.) M. rectus lateralis 57
- Muskellänge/Muskelgesamtlänge 57
- Sehnenlänge 57
- Sehnenbreite 57
- Abstand des Sehnenansatzes zum Limbus corneae 58
a.) oberer Insertionsrand - Limbus corneae 58
b.) Insertionsmitte - Limbus corneae 58
c.) unterer Insertionsrand - Limbus corneae 58
Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) des M. rectus lateralis 59
3.) M. obliquus inferior 60
- Muskelgesamtlänge 60
- Muskelbreite 60
a.) am Ursprung 60
b.) in Muskelmitte 60
- Ansatzbreite 60
- Abstand der Insertion zum Limbus corneae 61
a.) vom vorderen Ansatzrand aus 61
b.) vom hinteren Ansatzrand aus 61

- Abstand der Insertion zum Außenumfang des Nervus opticus 61
a.) vom vorderen Ansatzrand aus 61
b.) vom hinteren Ansatzrand aus 61
- Abstand des vorderen Ansatzrandes des M. obliquus inferior zum unteren Ansatzrand des M. rectus lateralis 62
- Abstand der Insertion zum M. obliquus superior 62
a.) von den beiden vorderen Ansatzrändern aus 62
b.) von den beiden hinteren Ansatzrändern aus 62
Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) des M. obliquus inferior 63
ZUSAMMENFASSUNG 64
LITERATURVERZEICHNIS 67

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543527_0076

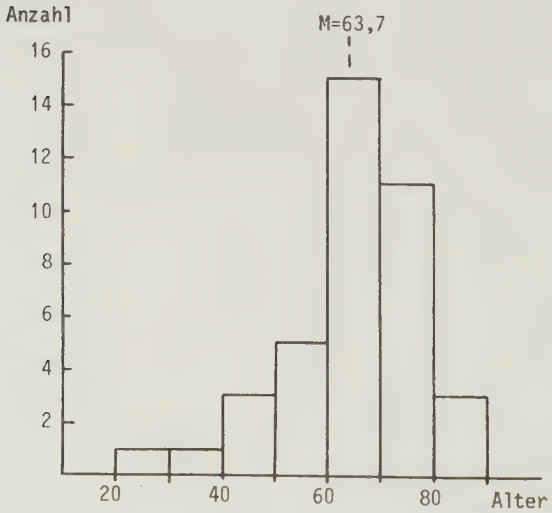
E I N L E I T U N G

Durch die Entwicklung moderner Operationstechniken gewinnen topographisch - anatomische Kenntnisse für die Chirurgie der Orbita und der Augenmuskeln immer mehr an Bedeutung. In den Lehrbüchern findet man oft nur ungenaue Angaben über die Maße der Muskeln ohne Erklärung, wie und an wievielen Präparaten die Messungen vorgenommen wurden. Neuere Untersuchungen besprechen meistens nur eine Meßgröße, so daß die vorliegende Arbeit versucht, Maße des Bulbus oculi und der Mm. rectus inferior, rectus lateralis und obliquus inferior weitgehend vollständig darzustellen.
Dabei wurden auch die Beziehung der Musculi zueinander sowie das Verhältnis der Insertionen zum Limbus corneae bestimmt.

M A T E R I A L

Die Untersuchungen stützen sich auf Präparationen an 59 Kopfhälften des Anatomischen Institutes Würzburg. Darunter befanden sich 30 rechte und 29 linke Präparate. 15 lagen jeweils paarig vor. Es handelte sich um 37 männliche und 19 weibliche Kopfhälften; in drei Fällen konnte die Identität nicht eindeutig festgestellt werden. Das Alter der Verstorbenen schwankte zwischen 21 und 83 Jahren und betrug im Mittel 63,7 Jahre.

Es konnten nicht alle Daten an jedem Präparat bestimmt werden, da einige Kopfhälften vorpräpariert, andere durch die Todesursache stark verändert waren.
So erklären sich die unterschiedlichen Fallzahlen in den einzelnen Messungen.
Die Kopfhälften lagen in 4%igem Formalin und die herauspräparierten Augen in 60%igem Alkohol.



Altersverteilung der Verstorbenen (n = 39)

P R Ä P A R A T I O N S V O R G A N G

1.) Abtragen des Os zygomaticum und der seitlichen Orbitawand.
2.) Freilegen des M. rectus lateralis vom Ursprung bis zum Ansatz (Messen in situ).
3.) Abtragen des oberen Orbitadaches und vorsichtiges Lösen des gesamten Orbitainhaltes von innen und unten.
4.) Durchtrennen der Augenlider entlang der knöchernen Orbita und scharfes Abtrennen des M. obliquus inferior von seinem Ursprung.
5.) Herausnehmen des Bulbus in seinem Fett- und Muskelmantel.
6.) Freipräparieren des M. rectus inferior sowie des M. obliquus inferior.
7.) Durchtrennung der Mm. recti in der Mitte und Präparation der Sehne bis zum Obergang in die Sklera.

M E S S S T R E C K E N

Am Bulbus oculi wurden folgende Meßwerte erhoben:

I.) Longitudinaldurchmesser, gemessen vom äußeren Hornhautscheitel bis zur Skleraaußenfläche am hinteren Pol
II.) Transversaldurchmesser, bestimmt am Äquator und im rechten Winkel zum Longitudinaldurchmesser
III.) Vertikaldurchmesser, gemessen im rechten Winkel zum Schnittpunkt des Longitudinaldurchmessers mit dem Transversaldurchmesser.

An der Cornea wurde bestimmt:

I.) Transversaldurchmesser, definiert als Distanz zwischen dem medialen und lateralen Limbus corneae
II.) Vertikaldurchmesser, gemessen als Distanz zwischen dem oberen und unteren Limbus corneae im rechten Winkel zum Transversaldurchmesser.

Die Mm. rectus inferior et rectus lateralis wurden untersucht:

- in ihrem Muskelanteil auf

I1.) ihre Länge, definiert als Distanz zwischen dem Ursprung und dem Übergang des Muskels in seine Sehne (in der Mitte der Muskelbreite gemessen);
Ursprung des M. rectus inferior: Orbitaspitze, das entspricht der Mitte des Annulus tendineus
Ursprung des M. rectus lateralis: Spina m. recti lateralis des großen Keilbeinflügels.
I2.) ihre Gesamtlänge, definiert als Summe der Muskel- und Sehnenlänge
II.) ihre Breite
1.) am Ursprung
2.) in der Mitte der Muskellänge
3.) am Übergang zur Sehne
III.) ihre Dicke in der Mitte der Muskellänge

- in ihrem Sehnenanteil auf

IV.) ihre Länge, definiert als Abstand zwischen dem Obergang des Muskels in seine Sehne und dem Ansatz am Bulbus oculi (jeweils in der Mitte der Sehnenbreite gemessen)

V.) ihre Breite, gemessen am Ansatz

VI.) ihre kürzeste Distanz von der Insertionslinie zum Limbus corneae

1.) vom inneren (M. rectus inferior) bzw. oberen (M. rectus lateralis) Ansatzrand aus

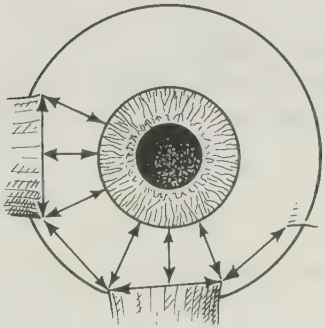
2.) von der Ansatzmitte aus

3.) vom seitlichen (M. rectus inferior) bzw. unteren (M. rectus lateralis) Ansatzrand aus

VII.) ihren kürzesten Abstand zu den Nachbarsehen am Ansatzrand

1.) M. rectus inferior - M. rectus lateralis

2.) M. rectus inferior - M. rectus medialis



Schematische Vorderansicht eines rechten Bulbus oculi mit Darstellung der Sehnenansätze der Mm. recti medialis, lateralis et inferior und der jeweiligen Meßstrecken

Am M. obliquus inferior wurden folgende Meßgrößen bestimmt:

I.) Muskelgesamtlänge, gemessen am vom Ursprung gelösten und herauspräparierten Muskel, nicht entsprechend der gebogenen Verlaufsrichtung, sondern als kürzeste Entfernung zwischen seinem Ursprung kurz hinter der Margo orbitalis und seinem Ansatz am Bulbus oculi

II.) Muskelbreite
   1.) am Ursprung
   2.) in der Mitte der Muskellänge
   3.) ca. 2 mm vor dem Ansatz am Bulbus oculi

III.) Muskeldicke in der Mitte der Muskellänge

IV.) Ansatzbreite, gemessen als kürzeste Entfernung zwischen dem vorderen und hinteren Ansatzrand

V.) verschiedene Formen des muskulär-sehnigen Übergangs am Ansatz

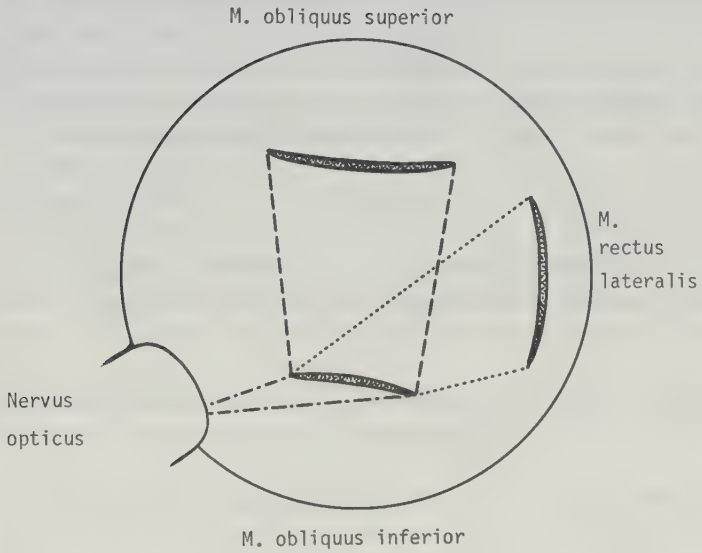
Der kürzeste Abstand des vorderen bzw. hinteren Insertionsrandes zum

VI.) Limbus corneae

VII.) Außenumfang des Nervus opticus

VIII.) unteren bzw. oberen Insertionsrand des M. rectus lateralis

IX.) vorderen bzw. hinteren Insertionsrand des M. obliquus superior



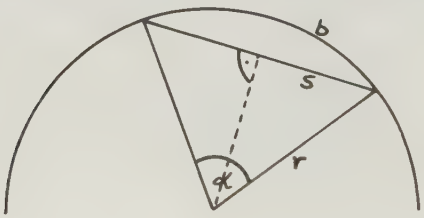
Schematische Aufsicht auf einen rechten Bulbus oculi von schräg hinten, oben, mit Darstellung der Ansatzflächen der Mm. obliquus superior, obliquus inferior et rectus lateralis und den jeweiligen Meßstrecken

Alle Werte wurden mittels einer Schieblehre gemessen. Lediglich die Angaben über den Abstand des Sehnenansatzes des M. obliquus inferior zum Limbus corneae wurden mit Hilfe eines Fadens im Bogenmaß bestimmt.

Da die im Bogenmaß bestimmten Werte viel größer sind als die in der Literatur angegebenen Daten, wurden die Meßergebnisse mit Hilfe der Formeln von Simon H./Stahl K. (1974) ins Sehnenmaß umgerechnet

$$\alpha = \frac{b \cdot 180}{\pi \cdot r} \qquad s = 2\, r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

α = Sektorenwinkeln, b = Bogenmaß, r = Radius, s = Sehne



Für den doppelten Radius wurde der für den Transversaldurchmesser der Bulbi ermittelte Wert eingesetzt:

2r = 23,63 mm (rechts), 2r = 23,56 mm (links)

Die Messungen wurden auf 0,5 mm genau durchgeführt und in der Maßeinheit mm für die rechte und linke Seite getrennt mit $M \pm s$ angegeben.
Für die Meßergebnisse ohne signifikanten Rechts-Links-Unterschied wurde zusätzlich der Gesamtmittelwert bestimmt.

ART DER AUSWERTUNG

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem elektronischen Tischrechner Hewlett-Packard-Calculator Model 10, dessen Programm zur Bestimmung der Standardabweichung folgende Werte ausdruckte:
Mittelwert M,
Standardabweichung s,
das Quadrat der Standardabweichung s^2,
die Summe der Einzelwerte,
die Summe der Quadrate der Einzelwerte
sowie die Anzahl n.
Zur Prüfung der Signifikanz wurde der t-Test für unverbundene Stichproben gewählt. Die Auswertung erfolgte nach Tabellen und Angaben von Documenta Geigy (1962), Haseloff/Hoffmann (1970) und Sachs (1973).

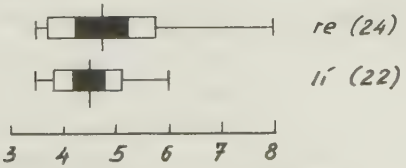
Zur Veranschaulichung werden Säulendiagramme und modifizierte Dice-Leraas-Diagramme (Simpson e. a. 1960) verwendet.

Im Dice-Leraas-Diagramm zeigt der Querstrich die Lage des Mittelwertes M an, der horizontale Strich gibt den Bereich zwischen dem Minimal- und Maximalwert wieder, das unausgefüllte Rechteck repräsentiert den Bereich $M \pm s$ und das ausgefüllte Rechteck $M \pm 2\ s/\sqrt{n}$, den zweifachen mittleren Fehler des Mittelwertes, der etwa dem Vertrauensintervall von 95 % entspricht.

Für den Vergleich zwischen den Mittelwerten je zweier Stichproben in einem solchen Diagramm gelten drei Interpretationsregeln.

1.) Wenn das Vertrauensintervall einer Stichprobe den beobachteten Mittelwert einer anderen Stichprobe umschließt, ist der Unterschied der Stichprobenmittel nicht gesichert.

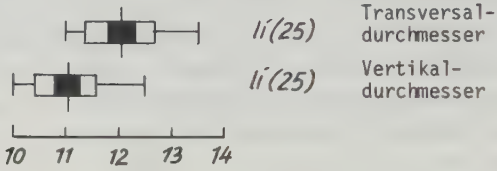
Beispiel:



M. rectus inferior - Muskelbreite am Ursprung

2.) Wenn die Vertrauensintervalle zweier Stichproben annähernd gleich groß sind und sich eindeutig nicht überdecken, ist der Unterschied in den Mittelwerten gesichert.

Beispiel:



Cornea: Transversaldurchmesser - Vertikaldurchmesser

3.) Wenn der Abstand der Mittelwerte dem größten der beiden Vertrauensintervalle gleichkommt oder größer ist, ist der Unterschied zwischen den Mittelwerten gesichert.

Beispiel wie unter 2.)

B E F U N D E

A) Bulbus oculi

Es wurden 27 rechte und 25 linke Bulbi oculi ausgemessen.
Der Longitudinaldurchmesser ist signifikant größer als
der Transversaldurchmesser ($t = 3{,}862$, $0{,}001 > 2p$) und als
der Vertikaldurchmesser ($t = 5{,}961$, $0{,}001 > 2p$).

I.) Longitudinaldurchmesser

Die Mittelwerte für den Longitudinaldurchmesser ergeben:

$M = 24{,}34 \pm 0{,}94$ mm
rechts: $M = 24{,}57 \pm 0{,}96$ mm
links: $M = 24{,}08 \pm 0{,}86$ mm

bei einer Variationsbreite rechts von 22,50 mm bis 26,00 mm und links von 22,00 mm bis 26,00 mm.

II.) Transversaldurchmesser

Für den Transversaldurchmesser wurde ermittelt:

$M = 23{,}60 \pm 1{,}00$ mm
rechts: $M = 23{,}63 \pm 1{,}03$ mm
links: $M = 23{,}56 \pm 0{,}98$ mm

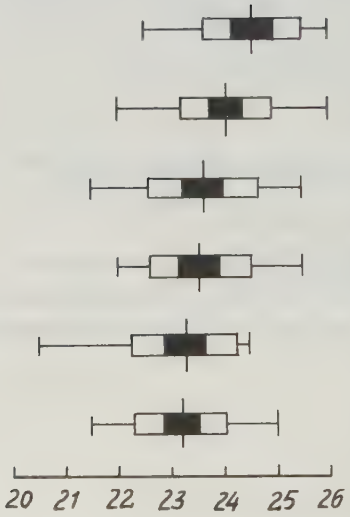
Die Ergebnisse liegen rechts zwischen 21,50 mm und 25,50 mm, links zwischen 22,00 mm und 25,50 mm.

III.) Vertikaldurchmesser

Für den Vertikaldurchmesser errechneten sich folgende Mittelwerte:

$M = 23{,}23 \pm 0{,}95$ mm
rechts: $M = 23{,}28 \pm 1{,}01$ mm
links: $M = 23{,}18 \pm 0{,}89$ mm

Der Wertebereich schwankt rechts von 20,50 mm bis 24,50 mm, links von 21,50 mm bis 25,00 mm.



Bulbusdurchmesser

B) Cornea

Der Transversaldurchmesser der Cornea ist signifikant größer als der Vertikaldurchmesser (t = 7,508, 0,001 > 2p).
Alle Ergebnisse wurden an 27 rechten und 25 linken Augen bestimmt.

I. Transversaldurchmesser

Der Wertebereich für den Transversaldurchmesser umfaßt auf beiden Seiten 2,5 mm; rechts von 10,50 mm bis 13,00 mm, links von 11,00 mm bis 13,50 mm. Es berechneten sich folgende Mittelwerte:

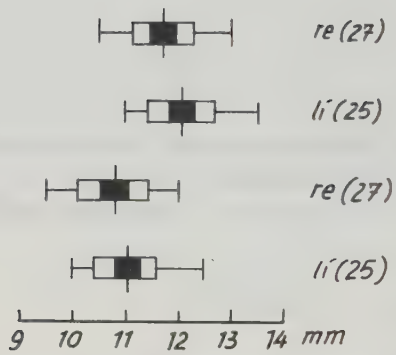
rechts: M = 11,70 $\pm$ 0,59 mm
links: M = 12,08 $\pm$ 0,64 mm

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % liegt ein signifikanter Rechts-Linksunterschied vor. (t = 2,201, 0,05 > 2 p)

II. Vertikaldurchmesser

Bei einer Variationsbreite rechts von 9,50 mm bis 12,00 mm und links von 10,00 mm bis 12,50 mm ergeben sich für den Vertikaldurchmesser folgende Mittelwerte:

M = 10,92 $\pm$ 0,67 mm
rechts: M = 10,80 $\pm$ 0,68 mm
links: M = 11,06 $\pm$ 0,63 mm



Corneadurchmesser

Zusammenfassung der Meßergebnisse (in mm) am Bulbus oculi und an der Cornea:

Bulbusdurchmesser:		M	s	n	x_{min}	x_{max}
I.) longitudinal	:	24,34 ± 0,94		52	22,00	26,00
"	re:	24,57 ± 0,96		27	22,50	26,00
"	li:	24,08 ± 0,86		25	22,00	26,00
II.) transversal	:	23,60 ± 1,00		52	21,50	25,50
"	re:	23,63 ± 1,03		27	21,50	25,50
"	li:	23,56 ± 0,98		25	22,00	25,50
III.) vertikal	:	23,23 ± 0,95		52	20,50	25,00
"	re:	23,28 ± 1,01		27	20,50	24,50
"	li:	23,18 ± 0,89		25	21,50	25,00

Corneadurchmesser						
I.) transversal	re:	11,70 ± 0,59		27	10,50	13,00
"	li:	12,08 ± 0,64		25	11,00	13,50
II.) vertikal	:	10.92 ± 0,67		52	9,50	12,50
"	re:	10,80 ± 0,68		27	9,50	12,00
"	li:	11,06 ± 0,63		25	10,00	12,50

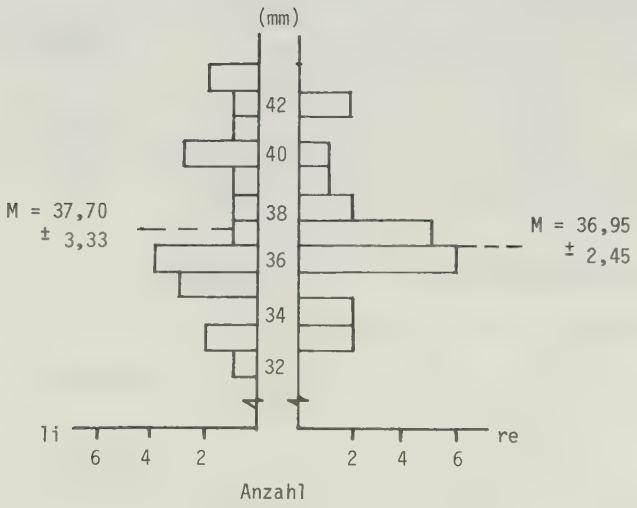
C) M. rectus inferior

I 1.) Muskellänge

Die Länge des M. rectus inferior wurde rechts an 22 und links an 20 Präparaten bestimmt.

M = 37,31 ± 2,89 mm
rechts: M = 36,95 ± 2,45 mm
links: M = 37,70 ± 3,33 mm

Die Schwankungsbreite von etwa 10 mm reicht rechts von 33,00 mm bis 42,50 mm, links von 32,50 mm bis 43,00 mm.



M. rectus inferior - Muskellänge

I 2.) Muskelgesamtlänge

Die Muskelgesamtlänge wurde an 21 rechten und 20 linken Mm. recti inferiores gemessen und beträgt im Mitttel:

M = 41,87 ± 3,02 mm
rechts: M = 41,36 ± 2,33 mm
links: M = 42,40 ± 3,59 mm

Die Werte streuen rechts von 38,50 mm bis 46,50 mm und links von 37,00 mm bis 49,50 mm.

II.) Muskelbreite

1.) Am Ursprung

Der M. rectus inferior-gemessen an 24 rechten und 22 linken Muskeln - hat am Ursprung im Mittel folgende Breite:

M = 4,62 ± 0,94 mm
rechts: M = 4,73 ± 1,16 mm
links: M = 4,50 ± 0,64 mm

Rechts liegen die Werte zwischen 3,50 mm und 8,00 mm, links zwischen 3,50 mm ung 6,00 mm.

2.) In der Muskelmitte

Der Mittelwert für die Muskelmitte ist:

M = 7,73 ± 1,19 mm
rechts: M = 7,96 ± 1,37 mm
links: M = 7,46 ± 0,92 mm

Die Minima-Maxima-Werte betragen rechts 6,00 mm und 12,00 mm, links 5,50 mm und 10,00 mm.

3. Am Übergang zur Sehne

Bei einem Mittelwert von

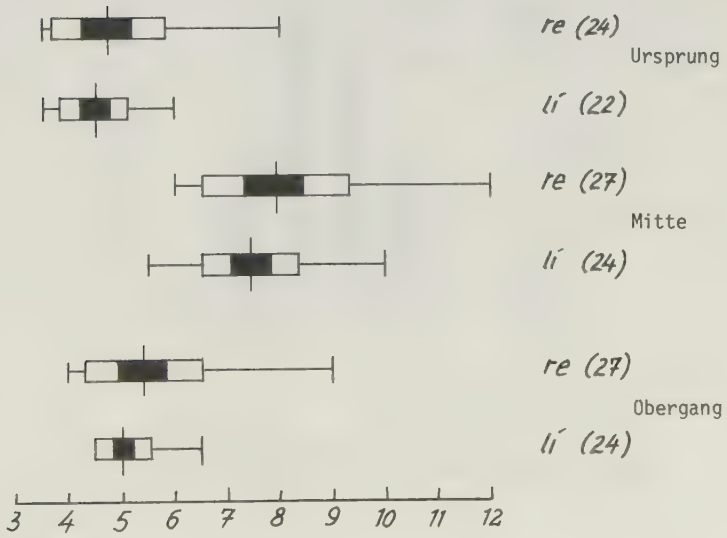
$$M = 5{,}23 \pm 0{,}95 \text{ mm}$$

rechts: $M = 5{,}41 \pm 1{,}18$ mm

links: $M = 5{,}02 \pm 0{,}56$ mm

variieren die Messungen rechts zwischen 4,00 mm und 9,00 mm, links zwischen 4,50 mm und 6,50 mm.

Die Meßergebnisse in der Muskelmitte und am Übergang zur Sehne wurden an 27 rechten und 24 linken Mm. recti inferiores bestimmt.
In den drei gemessenen Strecken streuen die Ergebnisse auf der rechten Seite mehr als auf der linken.



M. rectus inferior - Muskelbreite

III.) Muskeldicke

Für die Muskeldicke der 27 rechten und 24 linken Mm. recti inferiores errechneten sich folgende Mittelwerte:

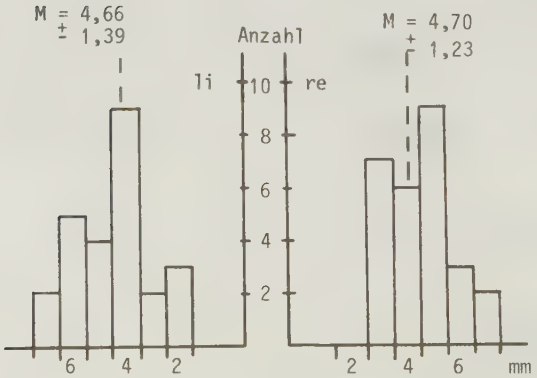
M = 3,89 ± 0,64 mm
rechts: M = 3,87 ± 0,74 mm
links: M = 3,92 ± 0,52 mm

Die Schwankungsbreite liegt rechts zwischen 2,50 mm und 5,00 mm, links zwischen 3,50 mm und 5,00 mm.

IV.) Sehnenlänge

Die Sehnenlänge des M. rectus inferior wurde an 27 rechten und 25 linken Muskeln gemessen. Bei einem Wertebereich rechts von 3,00 mm bis 7,00 mm und links von 2,00 mm bis 7,00 mm wurden folgende Werte ermittelt:

M = 4,68 ± 1,29 mm
rechts: M = 4,70 ± 1,23 mm
links: M = 4,66 ± 1,39 mm



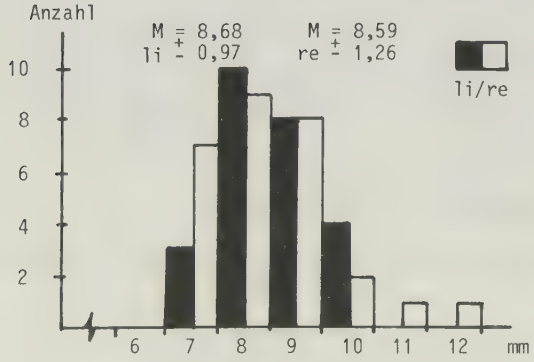
M. rectus inferior - Sehnenlänge

V.) Sehnenbreite

Die Sehnenbreite entspricht fast der doppelten Sehnenlänge und wurde an 28 rechten und 25 linken Mm. recti inferiores bestimmt.
Die Mittelwerte betragen:

M = 8,63 ± 1,12 mm
rechts: M = 8,59 ± 1,26 mm
links: M = 8,68 ± 0,97 mm

Die Messungen schwanken zwischen 7,00 mm und 12,00 mm (rechts) und zwischen 7,00 mm und 10,50 mm (links).



M. rectus inferior - Sehnenbreite

VI.) Abstand des Sehnenansatzes zum Limbus corneae

Der M. rectus inferior hat eine schräge, nach vorne leicht konvexe Einstrahlungszone. Der Abstand des seitlichen Ansatzrandes zum Limbus corneae ist um etwa 2 mm größer als der Abstand des inneren Ansatzrandes zum Limbus corneae und als der Abstand, der von der Sehnenansatzmitte aus zum Limbus corneae gemessen wird. Der M. rectus inferior setzt am Bulbus von seitlich unten nach innen oben an.

1.) Innerer Insertionsrand - Limbus corneae

Für den inneren Abstand, gemessen an 28 rechten und 25 linken Augen, schwanken die Werte rechts zwischen 6,00 mm und 10,00 mm, links zwischen 5,50 mm und 8,00 mm. Es wurden folgende Mittelwerte errechnet:

rechts: $M = 7{,}29 \pm 0{,}91$ mm
links: $M = 6{,}76 \pm 0{,}61$ mm

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2 % besteht ein signifikanter Rechts-Links-Unterschied ($t = 2{,}440$, $0{,}02 > 2p$).

2.) Insertionsmitte - Limbus corneae

Der Mittelabstand, bestimmt an 28 rechten und 24 linken Augen, geträgt:

$M = 6{,}79 \pm 0{,}60$ mm
rechts: $M = 6{,}73 \pm 0{,}63$ mm
links: $M = 6{,}85 \pm 0{,}56$ mm

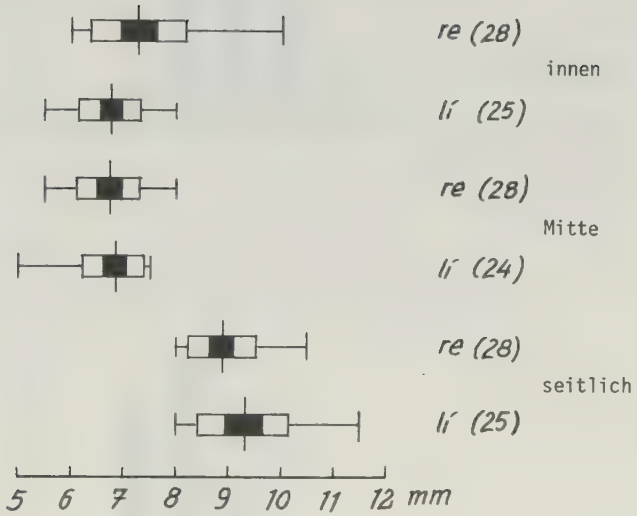
mit Werten rechts zwischen 5,50 mm und 8,00 mm, links zwischen 5,00 mm und 7,50 mm.

3.) Seitlicher Insertionsrand - Limbus corneae

Der seitliche Abstand, gemessen an 28 rechten und 25 linken Augen, hat eine Variationsbreite rechts von 8,00 mm bis 10,50 mm, links von 8,00 mm bis 11,50 mm.

Die Mittelwerte liegen bei:

M = 9,08 ± 0,76 mm
rechts: M = 8,89 ± 0,64 mm
links: M = 9,30 ± 0,84 mm



M. rectus inferior - Abstand des Sehnenansatzes - Limbus corneae

VII.) Abstände des Sehnenansatzes zu den Ansätzen der benachbarten Muskeln

Die Werte wurden an 28 rechten und 24 linken Präparaten erhoben

1.) M. rectus inferior - M. rectus lateralis

Die Messungen ergeben einen Wertebereich rechts von 7,00 mm bis 11,00 mm, links von 6,00 mm bis 10,00 mm. Im Mittel:

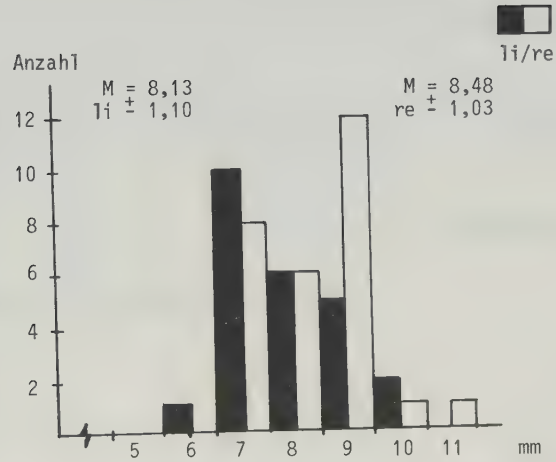
M = 8,32 ± 1,07 mm
rechts: M = 8,48 ± 1,03 mm
links: M = 8,13 ± 1,10 mm

2.) M. rectus inferior - M. rectus medialis

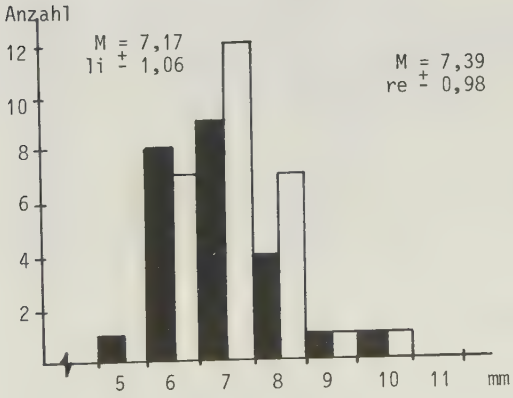
Die Werte streuen rechts zwischen 6,00 mm und 10,00 mm, links zwischen 5,50 mm und 10,00 mm.
Die Mittelwerte liegen bei:

M = 7,29 ± 1,01 mm
rechts: M = 7,39 ± 0,98 mm
links: M = 7,17 ± 1,06 mm

Abstände der Sehnenansätze



M. rectus inferior - M. rectus lateralis



M. rectus inferior - M. rectus medialis

Zusammenfassung der Meßergebnisse (in mm) des M. rectus inferior

- muskulärer Anteil

		M		s	n	x_{min}	x_{max}
I. Länge							
1. Muskellänge	:	37,31	±	2,89	42	32,50	43,00
"	re:	36,95	±	2,45	22	33,00	42,50
"	li:	37,70	±	3,33	20	32,50	43,00
2. Muskelgesamtlänge	:	41,87	±	3,02	41	37,00	49,50
"	re:	41,36	±	2,33	21	38,50	46,50
"	li:	42,40	±	3,59	20	37,00	49,50
II. Breite							
1. Ursprung	:	4,62	±	0,94	46	3,50	8,00
"	re:	4,73	±	1,16	24	3,50	8,00
"	li:	4,50	±	0,64	22	3,50	6,00
2. Mitte	:	7,73	±	1,19	51	5,50	12,00
"	re:	7,96	±	1,37	27	6,00	12,00
"	li:	7,46	±	0,92	24	5,50	10,00
3. Übergang zur Sehne	:	5,23	±	0,95	51	4,00	9,00
"	re:	5,41	±	1,18	27	4,00	9,00
"	li:	5,02	±	0,56	24	4,50	6,50
III. Dicke	:	3,89	±	0,64	51	2,50	5,00
"	re:	3,87	±	0,74	27	2,50	5,00
"	li:	3,92	±	0,52	24	3,50	5,00
- sehniger Anteil							
IV. Länge	:	4,68	±	1,29	52	2,00	7,00
"	re:	4,70	±	1,23	27	3,00	7,00
"	li:	4,66	±	1,39	25	2,00	7,00
V. Breite	:	8,63	±	1,12	53	7,00	12,00
"	re:	8,59	±	1,26	28	7,00	12,00
"	li:	8,68	±	0,97	25	7,00	10,50

VI. Abstand zum Limbus corneae

		M		s	n	x_{min}	x_{max}
1. innen							
"	re:	7,29	±	0,91	28	6,00	10,00
"	li:	6,76	±	0,61	25	5,50	8,00
2. Mitte	:	6,79	±	0,60	52	5,00	8,00
"	re:	6,73	±	0,63	28	5,50	8,00
"	li:	6,85	±	0,56	24	5,00	7,50
3. seitlich	:	9,08	±	0,76	53	8,00	11,50
"	re:	8,89	±	0,64	28	8,00	10,50
"	li:	9,30	±	0,84	25	8,00	11,50

VII. Abstand des Sehnenansatzes zum

1. M. rectus lateralis	:	8,32	±	1,07	52	6,00	11,00
"	re:	8,48	±	1,03	28	7,00	11,00
"	li:	8,13	±	1,10	24	6,00	10,00
2. M. rectus medialis	:	7,29	±	1,01	52	5,50	10,00
"	re:	7,39	±	0,98	52	5,50	10,00
"	li:	7,17	±	1,06	24	5,50	10,00

D) M. rectus lateralis

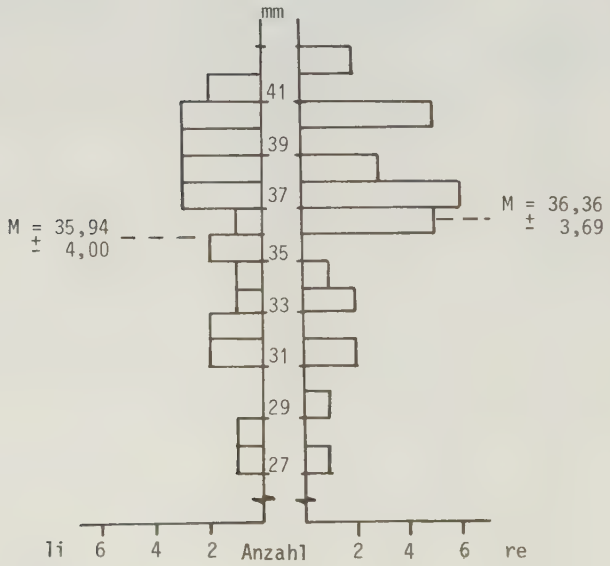
I 1.) Muskellänge

Die Muskellänge des M. rectus lateralis wurde an 28 rechten und 25 linken Präparaten bestimmt. Bei einer Schwankungsbreite rechts von 27,00 mm bis 42,00 mm und links von 27,00 mm bis 41,00 mm liegt die Länge im Mittel bei:

$$M = 36{,}15 \pm 3{,}80 \text{ mm}$$

rechts: $M = 36{,}36 \pm 3{,}69$ mm

links: $M = 35{,}94 \pm 4{,}00$ mm



M. rectus lateralis - Muskellänge

I 2.) Muskelgesamtlänge

Rechnet man zur Muskellänge die Sehnenlänge, so ermittelt sich für die 25 rechten und 22 linken Mm. recti lateralis:

M = 43,57 ± 4,23 mm
rechts: M = 43,04 ± 4,40 mm
links; M = 44,18 ± 4.04 mm

Die Minima-Maxima-Werte liegen rechts bei 31,00 mm und 50,50 mm, links bei 33,50 mm und 50,00 mm.

II.) Muskelbreite

1. Am Ursprung

Der M. rectus lateralis hat am Ursprung - ermittelt an 25 rechten und 22 linken Präparaten - eine Muskelbreite von:

M = 6,38 ± 1,36 mm
rechts: M = 6,12 ± 1,20 mm
links: M = 6,68 ± 1,48 mm

Die Ergebnisse liegen in einem Wertebereich rechts von 4,00 mm bis 8,00 mm, links von 3,00 mm bis 9,00 mm.

2. In der Muskelmitte

Der errechnete Mittelwert für die Muskelbreite in der Muskelmitte beträgt:

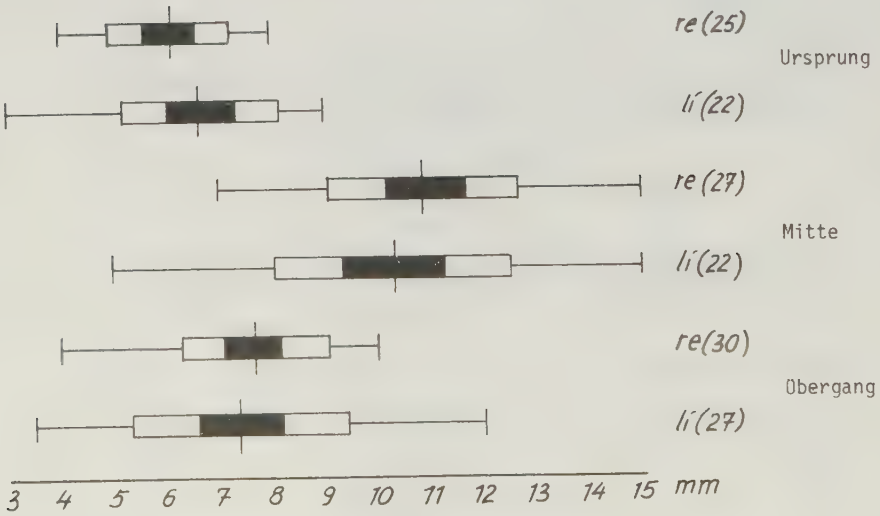
M = 10,62 ± 2,01 mm
rechts: M = 10,87 ± 1,81 mm
links: M = 10,32 ± 2,23 mm

Bei den 27 rechten Muskeln lag der Minimalwert bei 7,00 mm, bei den 22 linken bei 5,00 mm, während der Maximalwert auf beiden Seiten 15,00 mm betrug.

3. Am Übergang zur Sehne

An 30 rechten und 27 linken Präparaten mit Werten rechts zwischen 4,00 mm und 10,00 mm, und links zwischen 3,50 mm und 12,00 mm wurden folgende Mittelwerte erhalten:

M = 7,54 ± 1,71 mm
rechts: M = 7,67 ± 1,36 mm
links: M = 7,39 ± 2,04 mm



M. rectus lateralis - Muskelbreite

III.) Muskeldicke

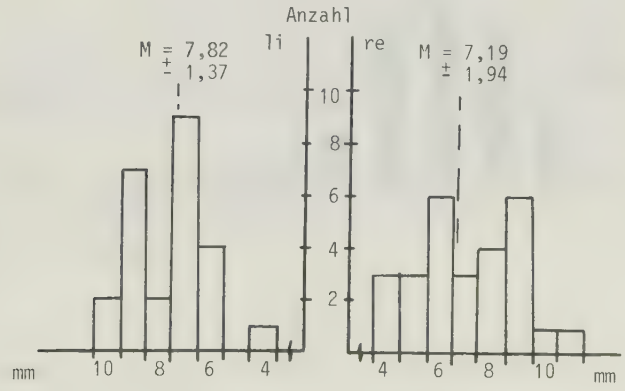
Bei 27 rechten und 26 linken Mm. recti lateralis liegen die Minimalwerte auf beiden Seiten bei 1,00 mm, während der Maximalwert rechts 4,50 mm und links 3,50 mm beträgt. Als Mittelwerte errechneten sich:

$$M = 2{,}71 \pm 0{,}88 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 2{,}87 \pm 0{,}98 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 2{,}54 \pm 0{,}76 \text{ mm}$$

IV.) Sehnenlänge

Die Sehnenlänge des M. rectus lateralis wurde an 27 rechten und 25 linken Augen bestimmt. Rechts schwanken die Werte zwischen 4,00 mm und 11,00 mm, links zwischen 4,00 mm und 10,00 mm.
Im Mittel beträgt die Sehnenlänge:

$$M = 7{,}49 \pm 1{,}70 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 7{,}19 \pm 1{,}94 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 7{,}82 \pm 1{,}37 \text{ mm}$$



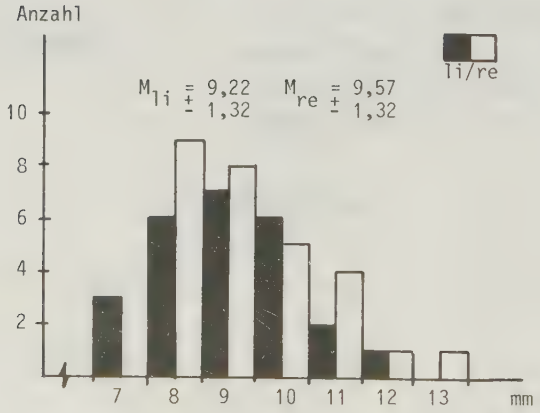
M. rectus lateralis - Sehnenlänge

V.) Sehnenbreite

Für die Sehnenbreite des M. rectus lateralis wurden nach Messungen an 28 rechten und 25 linken Präparaten folgende Mittelwerte errechnet:

M = 9,41 ± 1,32 mm
rechts: M = 9,57 ± 1,32 mm
links: M = 9,22 ± 1,32 mm

Der Wertebereich liegt rechts zwischen 8,00 mm und 13,00 mm, links zwischen 7,00 mm und 12,00 mm.



M. rectus lateralis - Sehnenbreite

VI.) Abstände des Sehnenansatzes zum Limbus corneae

Der M. rectus lateralis hat eine fast vertikale, nach vorne leicht konvexe Ansatzzone. Die Abstände der oberen und unteren Sehnenfasern zum Limbus corneae wurden an 28 rechten und 25 linken, die Abstände von der Ansatzmitte zum Limbus corneae an 28 rechten und 24 linken Präparaten bestimmt.

1.) oberer Insertionsrand - Limbus corneae

Bei einem Wertebereich rechts von 7,00 mm bis 11,00 mm und links von 7,50 mm bis 10,00 mm liegen die Mittelwerte bei

$$M = 8{,}65 \pm 0{,}84 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 8{,}59 \pm 0{,}90 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 8{,}72 \pm 0{,}76 \text{ mm}$$

2.) Insertionsmitte - Limbus corneae

Für den mittleren Abstand wurden folgende Mittelwerte bestimmt:

$$M = 7{,}38 \pm 0{,}74 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 7{,}48 \pm 0{,}78 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 7{,}25 \pm 0{,}69 \text{ mm}$$

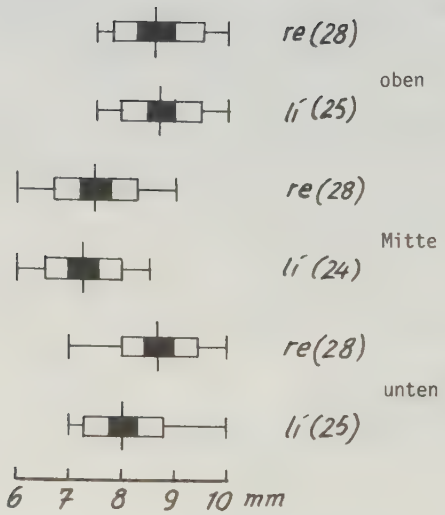
Die Minimalwerte liegen auf beiden Seiten bei 6,00 mm, während die Maximawerte rechts 9,00 mm und links 8,50 mm betragen.

3.) unterer Insertionsrand - Limbus corneae

Bei gleicher Schwankungsbreite von 7,00 mm bis 10,00 mm errechneten sich die Mittelwerte:

$$\text{rechts: } M = 8{,}70 \pm 0{,}76 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 8{,}06 \pm 0{,}74 \text{ mm}$$

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,5 % ist der Rechts-Links-Unterschied signifikant ($t = 3{,}076$, $0{,}005 > 2p$).



M. rectus lateralis
Abstände des Sehnenansatzes - Limbus corneae

Zusammenfassung der Meßergebnisse (in mm) des M. rectus lateralis

- muskulärer Anteil

		M	±	s	n	x_{min}	x_{max}
I. Länge							
1. Muskellänge	:	36,15	±	3,80	53	27,00	42,00
"	re:	36,36	±	3,69	28	27,00	42,00
"	li:	35,94	±	4,00	25	27,00	41,00
2. Muskelgesamtlänge	:	43,57	±	4,23	47	31,00	50,50
"	re:	43,04	±	4,40	25	31,00	50,50
"	li:	44,18	±	4,04	22	33,50	50,00
II. Breite							
1. Ursprung	:	6,38	±	1,36	47	3,00	9,00
"	re:	6,12	±	1,20	25	4,00	8,00
"	li:	6,68	±	1,48	22	3,00	9,00
2. Mitte	:	10,62	±	2,01	49	5,00	15,00
"	re:	10,87	±	1,81	27	7,00	15,00
"	li:	10,32	±	2,23	22	5,00	15,00
3. Übergang zur	:	7,54	±	1,71	57	3,50	12,00
Sehne	re:	7,67	±	1,36	30	4,00	10,00
"	li:	7,39	±	2,04	27	3,50	12,00
III. Dicke	:	2,71	±	0,88	53	1,00	4,50
"	re:	2,87	±	0,98	27	1,00	4,50
"	li:	2,54	±	0,76	26	1,00	3,50

- sehniger Anteil

IV. Länge	:	7,49	±	1,70	52	4,00	11,00
"	re:	7,19	±	1,94	27	4,00	11,00
"	li:	7,82	±	1,37	25	4,00	10,00
V. Breite	:	9,41	±	1,32	53	7,00	13,00
"	re:	9,57	±	1,32	28	8,00	13,00
"	li:	9,22	±	1,32	25	7,00	12,00

VI. Abstand zum Limbus corneae

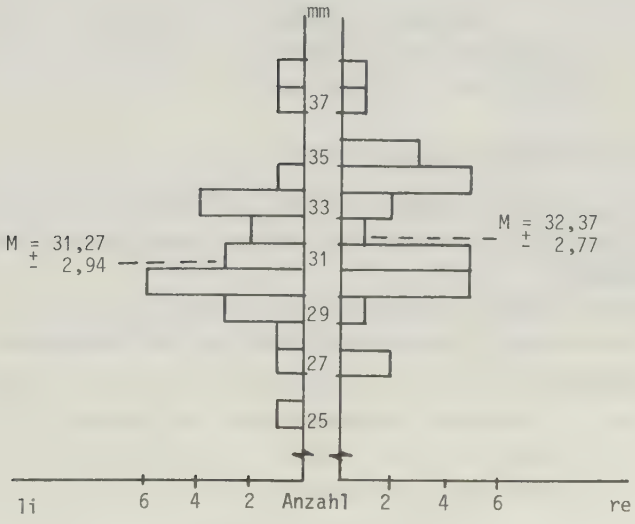
1. oben	:	8,65	± 0,84	53	7,00	11,00
"	re:	8,59	± 0,90	28	7,00	11,00
"	li:	8,72	± 0,76	25	7,50	10,00
2. Mitte	:	7,38	± 0,74	52	6,00	9,00
"	re:	7,48	± 0,78	28	6,00	9,00
"	li:	7,25	± 0,69	24	6,00	8,50
3. unten						
"	re:	8,70	± 0,76	28	7,00	10,00
"	li:	8,06	± 0,74	25	7,00	10,00

E) M. obliquus inferior

I.) Muskelgesamtlänge

Da der M. obliquus inferior in etwa der Hälfte der untersuchten Präparate (26 rechte und 24 linke) muskulär am Bulbus ansetzte - also ohne Ansatzsehne - wurde auf die Bestimmung der Muskellänge verzichtet und nur die Muskelgesamtlänge gemessen. Bei einer Schwankungsbreite rechts von 27,00 mm bis 38,00 mm und links von 25,00 mm bis 38,50 mm lagen die Mittelwerte bei:

$$M = 31{,}84 \pm 2{,}88 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 32{,}37 \pm 2{,}77 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 31{,}27 \pm 2{,}94 \text{ mm}$$



M. obliquus inferior - Muskelgesamtlänge

II.) Muskelbreite

1.) Am Ursprung

Die Meßergebnisse von 27 rechten und 24 linken Mm. obliqui inferiores variieren rechts zwischen 2,50 mm und 7,50 mm, links zwischen 2,00 mm und 5,00 mm und ergeben folgende Mittelwerte:

$$M = 3{,}74 \pm 1{,}01 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 3{,}81 \pm 1{,}10 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 3{,}65 \pm 0{,}91 \text{ mm}$$

2.) in der Muskelmitte

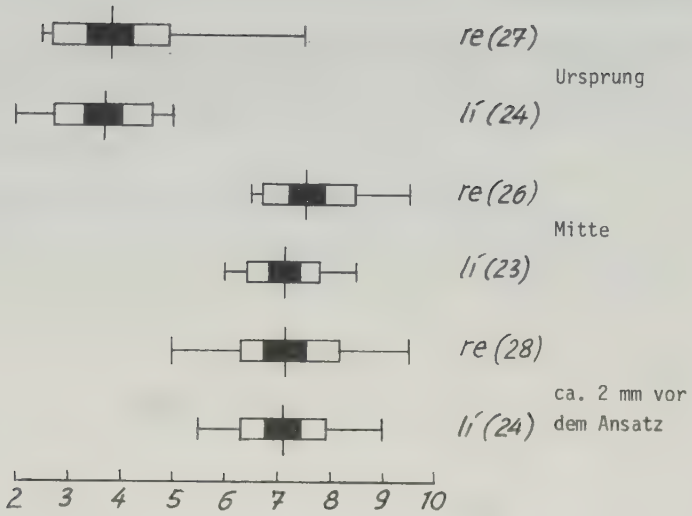
Nach Messungen an 26 rechten und 23 linken Muskeln lagen die Mittelwerte bei:

$$M = 7{,}36 \pm 0{,}82 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 7{,}56 \pm 0{,}86 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 7{,}13 \pm 0{,}71 \text{ mm}$$

3.) ca. 2 mm vor dem Ansatz am Bulbus oculi

Etwa 2 mm vor dem Ansatz am Bulbus oculi ist der M. obliquus inferior etwa doppelt so breit wie am Ursprung und nur geringfügig schmaler als in der Muskelmitte.
Nach Messungen an 28 rechten Augen - zwischen 5,00 mm und 9,50 mm - und an 24 linken Muskeln - zwischen 5,50 mm und 9,00 mm - ergeben sich folgende Mittelwerte:

$$M = 7{,}13 \pm 0{,}94 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 7{,}14 \pm 1{,}04 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 7{,}13 \pm 0{,}82 \text{ mm}$$



M. obliquus inferior - Muskelbreite

III.) Muskeldicke

Bei 28 rechten und 24 linken Mm. obliqui inferiores mit einer Variationsbreite auf beiden Seiten von 1,50 mm bis 3,00 mm liegen die Mittelwerte bei:

M = 2,52 ± 0,40 mm
rechts: M = 2,54 ± 0,36 mm
links: M = 2,50 ± 0,44 mm

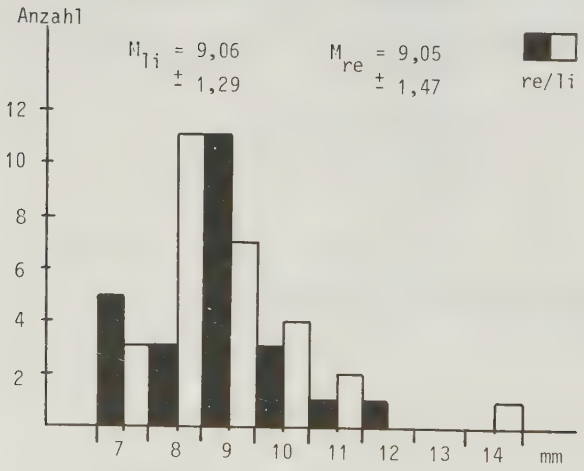
IV.) Ansatzbreite

Im Mittel beträgt die Ansatzbreite gemessen an 28 rechten und 24 linken Mm. obliqui inferiores mit einer Variationsbreite rechts von 7,00 mm bis 14,00 mm und links von 7,00 mm bis 12,50 mm:

$$M = 9{,}06 \pm 1{,}38 \text{ mm}$$

$$\text{rechts: } M = 9{,}05 \pm 1{,}47 \text{ mm}$$

$$\text{links: } M = 9{,}06 \pm 1{,}29 \text{ mm}$$



M. obliquus inferior - Ansatzbreite

V.) Verschiedene Formen des muskulär-sehnigen Oberganges am Ansatz

Da nur 31 der 52 untersuchten Mm. obliqui inferiores sehnig inserierten, haben wir keine mittlere Sehnenlänge bestimmt.

1.) sehniger Ansatz

a.) mit geradem Muskel-Sehnen-Obergang

In 24 Fällen lag eine kurze Sehne mit geradem Muskel-Sehnen-Obergang und gleich großer Sehnenlänge an beiden Rändern zwischen 0,5 mm und 3,5 mm vor.

Tabelle über die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Sehnenlängen (in mm):

Sehnenlänge an beiden Rändern:	0,5	1	1,5	2	2,5	3,5
Anzahl:	10	6	2	3	1	2

b.) mit schrägem Muskel-Sehnen-Obergang

An 7 Mm. obliqui inferiores bestand ein schräger Muskel-Sehnen-Obergang mit einer Sehnenlänge von 2 mm bis 6 mm am vorne gelegenen Ansatzrand und von 0,5 mm bis 2 mm am hinten gelegenen Ansatzrand.

Tabelle über die Sehnenlänge (in mm) am vorderen und hinteren Ansatzrand:

Sehnenlänge vorderer Rand:	2	4	4	4	6
Sehnenlänge hinterer Rand:	0,5	0,5	1	2	2
Anzahl:	3	1	1	1	1

2.) muskulärer Ansatz

a.) rein muskulär

12 Mm. obliqui inferiores setzten rein muskulär am Bulbus oculi an.

b.) überwiegend muskulär mit Sehnendreieck

Die übrigen 9 Muskeln inserierten überwiegend muskulär; jeweils am vorderen Ansatzrand konnte ein sehniger Abschnitt in der Form eines Dreiecks von unterschiedlicher Länge und Breite bestimmt werden. Die folgende Tabelle verdeutlicht den muskulären und sehnigen Anteil der Ansatzbreite sowie die am Außenrande gemessene Länge des sehnigen Dreiecks.

Tabelle über die Maße der Sehnendreiecke im Verhältnis zur Ansatzbreite (Angaben in mm):

Ansatzbreite			Länge am Rand des sehnigen Anteils
gesamte Breite	muskulärer Anteil	sehniger Anteil	
7	6	1	2
9	8	1	2
9,5	7,5	2	2
11,5	8,5	3	3
9,5	6,5	3	6
11,5	6,5	5	4,5
10	3,5	6,5	3
11	4,5	6,5	3
14	5	9	8

VI.) Abstände des Ansatzes zum Limbus corneae

Der M. obliquus inferior inserierte in 50 von 52 Fällen auf dem Bulbus in einer schrägen Linie, die von vorne unten nach hinten oben zog. Die Abstände wurden an 28 rechten und 24 linken Bulbi oculi im Bogenmaß gemessen.

1.) vorderer Insertionsrand - Limbus corneae

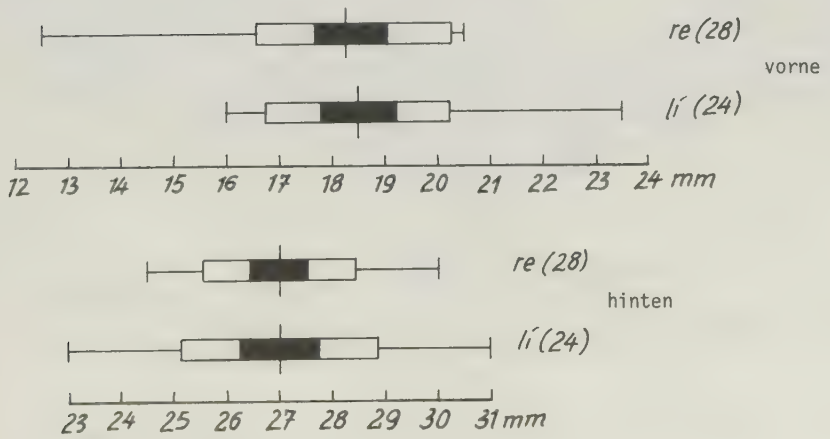
Die Mittelwerte betragen:

M = 18,43 ± 1,78 mm
rechts: M = 18,38 ± 1,85 mm
links: M = 18,50 ± 1,74 mm

2.) hinterer Insertionsrand - Limbus corneae

Bei Meßergebnissen rechts zwischen 24,50 mm und 30,00 mm und links zwischen 23,00 mm und 31,00 mm ermittelten sich folgende Werte:

M = 27,02 ± 1,62 mm
rechts: M = 27,02 ± 1,43 mm
links: M = 27,02 ± 1,86 mm



M. obliquus inferior
Abstände des Ansatzes - Limbus corneae

VII.) Abstände des Ansatzes zum Nervus opticus

An 27 rechten und 25 linken Bulbi oculi wurden die Abstände des vorderen, unteren bzw. des hinteren, oberen Ansatzrandes des M. obliquus inferior zum Außenumfang des Nervus opticus gemessen.

1.) vorderer Insertionsrand - Nervus opticus

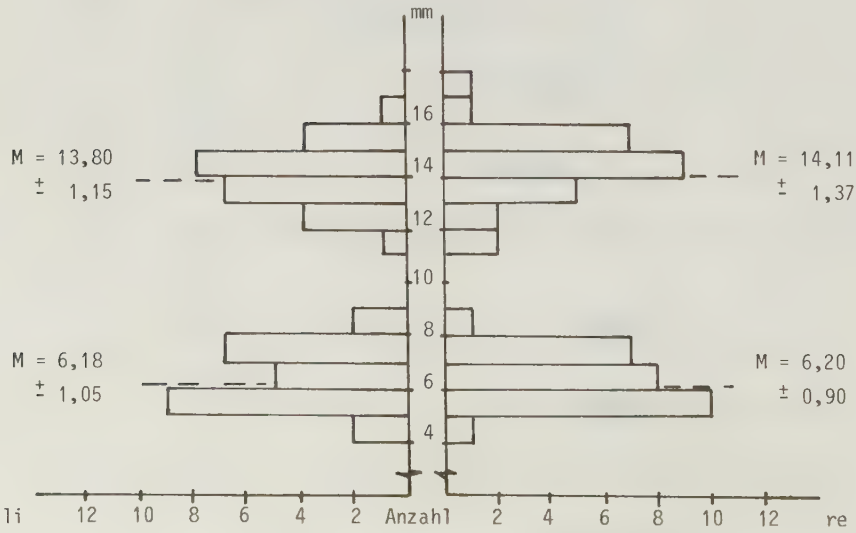
Bei einer Variationsbreite rechts von 11,00 mm bis 17,50 mm und links von 11,50 mm bis 16,00 mm wurden folgende Mittelwerte bestimmt:

M = 13,96 ± 1,26 mm
rechts: M = 14,11 ± 1,37 mm
links: M = 13,80 ± 1,15 mm

2.) hinterer Insertionsrand - Nervus opticus

Bei einem Minimalwert auf beiden Seiten von 4,50 mm und einem Maximalwert rechts von 8,50 mm, links von 8,00 mm, lagen die Werte im Mittel bei:

M = 6,19 ± 0,97 mm
rechts: M = 6,20 ± 0,90 mm
links: M = 6,18 ± 1,05 mm



Abstände des Ansatzes: M. obliquus inferior - Nervus opticus

VIII.) Abstände der Ansätze: M. obliquus inferior - M. rectus lateralis

1.) vorderer Insertionsrand des M. obliquus inferior zum unteren Insertionsrand des M. rectus lateralis

Bei einem Schwankungsbereich rechts von 7,50 mm bis 13,50 mm und links von 8,50 mm bis 12,50 mm liegen die Mittelwerte bei:

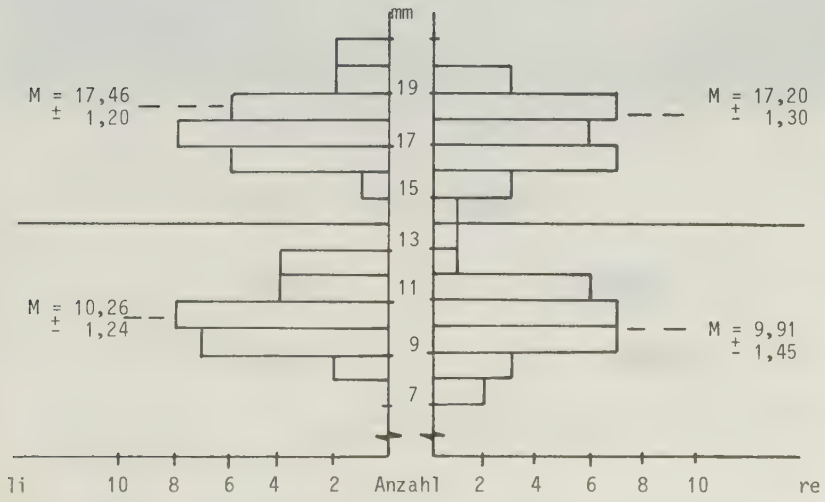
$$M = 10{,}08 \pm 1{,}35 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 9{,}91 \pm 1{,}45 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 10{,}26 \pm 1{,}24 \text{ mm}$$

2.) hinterer Insertionsrand des M. obliquus inferior zum oberen Insertionsrand des M. rectus lateralis

Bei Minima-Maxima-Werten rechts von 14,50 mm und 19,50 mm, links von 15,50 mm und 20,00 mm betragen die ermittelten Abstände:

$$M = 17{,}33 \pm 1{,}25 \text{ mm}$$
$$\text{rechts: } M = 17{,}20 \pm 1{,}30 \text{ mm}$$
$$\text{links: } M = 17{,}46 \pm 1{,}20 \text{ mm}$$

Die Werte wurden durch Messungen an 27 rechten und 25 linken Bulbi oculi erhalten.



Abstände der Ansätze: M. obliquus inferior - M. rectus lateralis

IX.) Abstände zwischen den Ansätzen der Mm. obliqui

Es wurden 25 rechte und 24 linke Präparate untersucht.

1.) Abstand zwischen den beiden vorderen Insertionsrändern

Es ergaben sich folgende Mittelwerte:

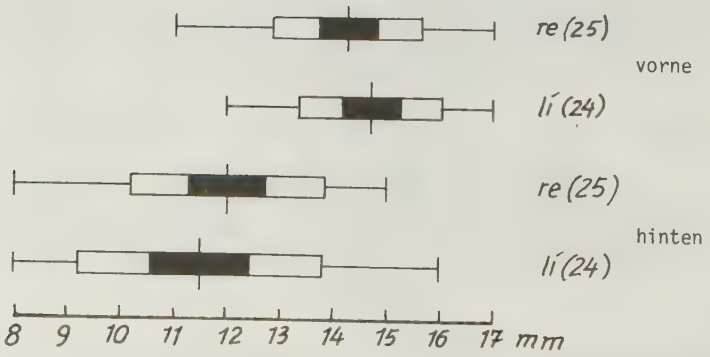
M = 14,48 ± 1,38 mm
rechts: M = 14,26 ± 1,38 mm
links: M = 14,71 ± 1,37 mm

Auf beiden Seiten liegt der größte Wert bei 17,00 mm, während der kleinste Wert rechts 11,00 mm und links 12,00 mm beträgt.

2.) Abstand zwischen den beiden hinteren Insertionsrändern

Bei einer Schwankungsbreite rechts zwischen 8,00 mm und 15,00 mm und links zwischen 8,00 mm und 16,00 mm errechneten sich folgende Mittelwerte:

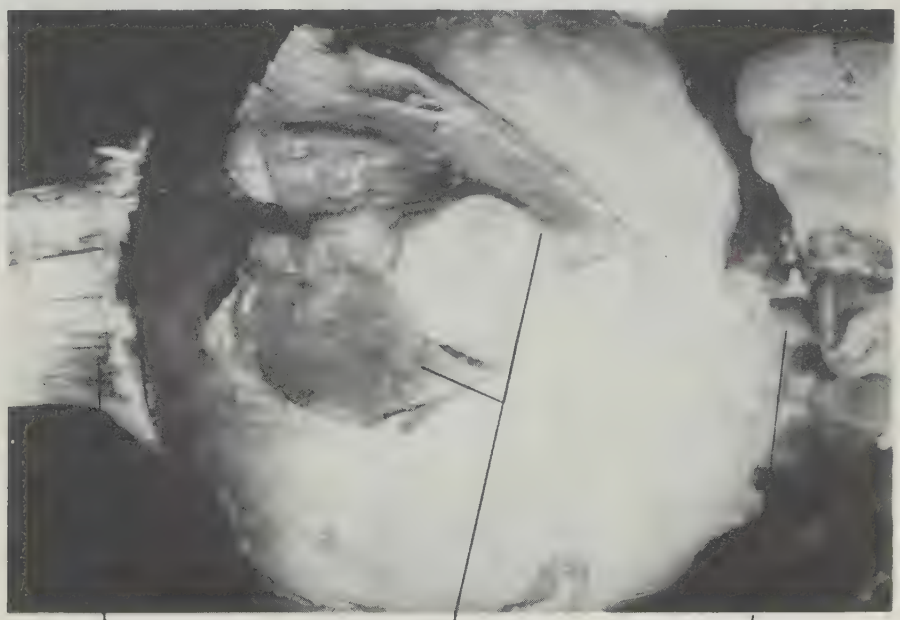
M = 11,77 ± 2,07 mm
rechts: M = 12,02 ± 1,83 mm
links: M = 11,50 ± 2,30 mm



Abstände zwischen den Ansätzen der Mm. obliqui

X.) Ansatzvariation des M. obliquus inferior

74 jährig, weiblich: Am linken Auge teilt sich der M. obliquus inferior kurz vor dem Ansatz am Bulbus in zwei etwa gleich große Anteile auf. Der vordere von beiden setzt im gleichen Winkel wie der hintere an, ist aber nach unten versetzt.



Seitenansicht eines linken Bulbus oculi, an dem die Sehnen der Mm. rectus lateralis et obliquus inferior zurückgeschlagen wurden.

Zusammenfassung der Meßergebnisse (in mm) des M. obliquus inferior

		M	±	s	n	x_{min}	x_{max}
I. Muskelgesamtlänge	:	31,84	±	2,88	52	25,00	38,50
"	re:	32,37	±	2,77	26	27,00	38,00
"	li:	31,27	±	2,94	24	25,00	38,50
II. Muskelbreite							
1. Ursprung	:	3,74	±	1,01	51	2,00	7,50
"	re:	3,81	±	1,10	27	2,50	7,50
"	li:	3,65	±	0,91	24	2,00	5,00
2. Mitte	:	7,36	±	0,82	49	6,00	9,50
"	re:	7,56	±	0,86	26	6,50	9,50
"	li:	7,13	±	0,71	23	6,00	8,50
3. ca. 2 mm vor dem Ansatz	:	7,13	±	0,94	52	5,00	9,50
"	re:	7,14	±	1,04	28	5,00	9,50
"	li:	7,13	±	0,82	24	5,50	9,00
III. Muskeldicke	:	2,52	±	0,40	52	1,50	3,00
"	re:	2,54	±	0,36	28	1,50	3,00
"	li:	2,50	±	0,44	24	1,50	3,00
IV. Ansatzbreite	:	9,06	±	1,38	52	7,00	14,00
"	re:	9,05	±	1,47	28	7,00	14,00
"	li:	9,06	±	1,29	24	7,00	12,50

V.) Tabellen siehe Seite 39 und 40

VI. Abstände der Insertionsränder zum Limbus corneae							
1. vorne	:	18,43	±	1,78	52	12,50	23,50
"	re:	18,38	±	1,85	28	12,50	20,50
"	li:	18,50	±	1,74	24	16,00	23,50
2. hinten	:	27,02	±	1,62	52	23,00	31,00
"	re:	27,02	±	1,43	28	24,50	30,00
"	li:	27,02	±	1,86	24	23,00	31,00

VII. Abstände der Insertionsränder zum Nervus opticus

1. vorne	:	13,96 ±	1,26	52	11,00	17,50
"	re:	14,11 ±	1,37	27	11,00	17,50
"	li:	13,80 ±	1,15	25	11,50	16,00
2. hinten	:	6,19 ±	0,97	52	4,50	8,50
"	re:	6,20 ±	0,90	27	4,50	8,50
"	li:	6,18 ±	1,05	25	4,50	8,00

VIII. Abstände der Insertionsränder zum M. rectus lateralis

1. vorne	:	10,08 ±	1,35	52	7,50	13,50
"	re:	9,91 ±	1,45	27	7,50	13,50
"	li:	10,26 ±	1,24	25	8,50	12,50
2. hinten	:	17,33 ±	1,25	52	14,50	20,00
"	re:	17,20 ±	1,30	27	14,50	19,50
"	li:	17,46 ±	1,20	25	15,50	20,00

IX. Abstände der Insertionsränder zum M. obliquus superior

1. vorne	:	14,48 ±	1,38	49	11,00	17,00
"	re:	14,26 ±	1,38	25	11,00	17,00
"	li:	14,71 ±	1,37	24	12,00	17,00
2. hinten	:	11,77 ±	2,07	49	8,00	16,00
"	re:	12,02 ±	1,83	25	8,00	15,00
"	li:	11,50 ±	2,30	24	8,00	16,00

D I S K U S S I O N

A) Diskussion der Meßergebnisse am Bulbus oculi

I.) Material:

Krause führte 1832 "8 Messungen an Augen erwachsener Männer" durch. 1861 bestimmte Jäger die 3 Bulbusdurchmesser an "20 Augen Erwachsener im Alter zwischen 19 und 72 Jahren". Später hat er den Longitudinaldurchmesser noch an 80 Augen Erwachsener gemessen. Volkmann untersuchte 1869 "30 überwiegend männliche Präparate", während Weiss 1897 die Bulbi von "5 Erwachsenen" ausgemessen hat. Thiel ermittelte 1955 den Transversal- und den Vertikaldurchmesser an 100 Autopsieaugen. Das Untersuchungsmaterial von Sappey, Salzmann und Duke-Elder ist leider nicht bekannt. Unsere Messungen (1980) wurden an 27 rechten und 25 linken Bulbi durchgeführt.

II.) Ergebnisse:

- Longitudinaldurchmesser

Für den Longitudinaldurchmesser gab Weiss (1897) mit 23,85 mm den kleinsten Wert an. Duke-Elder (1961) veröffentlichte den Wert 24,15 mm, Salzmann (1912) 24,26 mm, Krause (1832) 24,27 und Jäger (1861) 24,3 (24,3037) mm. Unsere Werte (1980) betragen 24,34 mm (rechts 24,57 mm, links 24,08 mm). Sappey (1879) bestimmte 24,6 mm und Volkmann (1869) gab mit 24,73 mm (min 23 mm, max 27 mm) den größten Wert an.

- Transversaldurchmesser

Die Meßwerte für den Transversaldurchmesser schwankten zwischen 23,39 mm bei Jäger (1861) und 24,43 mm bei Weiss (1897). Thiel (1955) bestimmte 23,4 mm. Unsere Werte (1980) liegen bei 23,60 mm (rechts 23,63 mm, links 23,56 mm). Salzmann (1912) gab 23,7 mm, Sappey (1879) 23,9 mm, Duke-Elder (1961) 24,13 mm, Volkmann (1869) 24,27 mm (min 23 mm, max 26 mm) und Krause (1832) 24,32 mm.

- Vertikaldurchmesser

Für den Vertikaldurchmesser ermittelten wir (1980) 23,23 mm (rechts 23,28 mm, links 23,18 mm). Duke-Elder (1961) veröffentlichte 23,48 mm, Sappey (1879) 23,5 mm, Jäger (1861) 23,53 mm, Salzmann (1912) 23,57 mm, Krause (1932) 23,60 mm und Weiss (1897) sowie Thiel (1955) 23,7 mm.

Unsere Befunde über die Bulbusdurchmesser korrelieren sehr gut mit den Literaturangaben. Mit unserem Ergebnis, daß der Longitudinaldurchmesser signifikant größer ist als der Transversal- und Vertikaldurchmesser, bestätigen wir die schon von Weiss (1897) gemachte Aussage: "Was die Durchmesser des Auges beim Erwachsenen betrifft, so wird bemerkt, daß der Sagittaldurchmesser fast 1 mm länger ist als der vertikale und transversale. Der sagittale beträgt im Mittel 24 mm (zwischen 23 und 26 mm), der transversale übertrifft in der Regel um ein weniges (im Mittel 0,4 mm) den vertikalen."
Auch bei unserem Untersuchungsmaterial ist der Transversaldurchmesser etwa 0,4 mm größer als der Vertikaldurchmesser, ein Unterschied, der aber nicht signifikant ist.

Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) der Bulbusdurchmesser

		longitudinal	transversal	vertikal	Anzahl
1832	Krause	24,27	24,32	23,60	8
1861	Jäger	24,3	23,39	23,53	20
1861	Jäger	24,3037	-----	-----	80
1869	Volkmann	24,73	24,27	-----	30
1879	Sappey	24,6	23,9	23,5	--
1897	Weiss	23,85	24,43	23,7	5
1912	Salzmann	24,26	23,7	23,57	--
1955	Thiel	-----	23,4	23,7	100
1961	Duke-Elder	24,15	24,13	23,48	--
1980	Horn	24,34	23,60	23,23	52
		re 24,57	23,63	23,28	27
		li 24,08	23,56	23,18	25

B) Diskussion der Meßergebnisse an der Cornea

I.) Material:

Der horizontale Durchmesser der Cornea läßt sich auch gut am lebenden Menschen bestimmen. So führte Smith (1889) diese Messungen an 1000 Augen (500 männl., 500 weibl.) von 5 bis 90 jährigen durch, während Peter (1924) 1024 Augen von Jugendlichen zwischen 5 und 16 Jahren untersuchte. Friede (1922) hat den Vertikal- und Horizontaldurchmesser der Cornea an 1086 Augen gemessen; die Hälfte davon entfällt auf Schülerinnen zwischen 11 und 14 Jahren, die andere auf Patienten, unter denen alle Altersstufen gleichermaßen vertreten waren. 1933 erweiterte Friede die Untersuchungen auf 10 940 Augen (5064 männl., 5876 weibl.). Grod (1910) erhielt die Werte für den Horizontaldurchmesser an 104 Augen von "ganz frischen Leichen", von denen aber 44 Augen von Kindern unter 5 Jahren waren, die man zum Vergleich mit Erwachsenenaugen nicht verwerten sollte, da nach Smith (1889), Grod (1910) und Peter (1924) das Wachstum der Cornea erst mit dem 5. Lebensjahr abgeschlossen ist. Unsere Messungen (1980) wurden an 52 Augen Verstorbener durchgeführt, deren Todesalter zwischen 21 und 83 Jahren lag.

II.) Ergebnisse:

- Transversaldurchmesser

Für den Transversaldurchmesser veröffentlichte Krause (1832) 11,68 mm im Mittel (min. 10,98 mm, max. 12,37 mm), Smith (1889) 11,6 mm ("Variationsbreite 10,5 mm bis 13,5 mm"), Friede (1922) 11,62 mm und (1933) 11,56 mm, Peter (1924) 11,67 mm (min. 10,25 mm, max. 12,75 mm) und Grod (1910) 11,63 mm. Duke-Elder (1961) und Hogan (1971) gaben 11,7 mm an. Bei einem signifikanten Rechts-Links-Unterschied betragen unsere Werte (1980) rechts 11,70 mm, links 12,08 mm.

- Vertikaldurchmesser

Krause (1832) bestimmte für den Vertikaldurchmesser im Mittel 10,96 mm bei einer Schwankungsbreite von 10,60 mm bis 11,34 mm. Friede hat 1922

11,25 mm, 1933 11,12 mm gemessen. Duke-Elder (1961) und Hogan (1971) gaben 10,6 mm an. Wir (1980) ermittelten 10,92 mm (rechts 10,80 mm, links 11,06 mm).

An den 52 Corneae ist der Transversaldurchmesser signifikant größer als der Vertikaldurchmesser.
Wir bestätigen damit die Literaturangaben, die erklären, warum einige Autoren wie Smith und Grod nur den Transversaldurchmesser bestimmt haben. Zitat von Peter (1925, S. 32/33): "Die Messung des vertikalen Durchmessers halte ich nicht für unbedingt erforderlich, da er nach zahlreichen Untersuchungen von Friede in einem ganz bestimmten Verhältnis steht zum Horizontaldurchmesser. Das gewöhnliche Verhalten ist, daß der vertikale Durchmesser etwa 0,5 mm weniger mißt als der horizontale. Finden wir eine größere Differenz, so hängt das lediglich mit einer besonders starken Ausbildung des oberen Limbusrandes zusammen."

Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) der Corneadurchmesser

	transversal	vertikal	Anzahl
1832 Krause	11,68	10,96	----
1889 Smith	11,6	-----	1000
1910 Grod	11,63	-----	60
1912 Salzmann	11,5	11,0	--
1922 Friede	11,62	11,25	1086
1924 Peter	11,67	-----	1024
1933 Friede	11,56	11,12	10940
1961 Duke-Elder	11,7	10,6	--
1971 Hogan	11,7	10,6	--
1980 Horn	*)	10,92	52
	re 11,70	10,80	27
	li 12,08	11,06	25

*) Da der Rechts-Links-Unterschied für den Transversaldurchmesser signifikant ist, konnte kein Gesamtmittelwert gebildet werden.

C) Diskussion der Meßergebnisse an den Muskeln

I.) Material:

Die in der Literatur zu findenden Muskeldaten beruhen nur zum Teil auf Messungen, die die Autoren selbst durchführten. Meistens werden Meßergebnisse wie die von Fuchs (1884) zitiert, dem ein großes Untersuchungsmaterial zur Verfügung stand; auch von Autoren, die selber Messungen durchgeführt haben, wie z. B. Merkel (1885), der an einer kleineren, leider unbekannten Zahl andere Werte als Fuchs (1884) bestimmte und die Ergebnisse von Fuchs (1884) wegen der größeren Fallzahl für glaubwürdiger hielt.
Um einen besseren Vergleich mit unseren Ergebnissen zu ermöglichen, wird zunächst das Untersuchungsmaterial der einzelnen Autoren näher beschrieben.
1869 bestimmte Volkmann an 6 Augenpaaren die Muskellänge. 1884 untersuchte Fuchs 55 Augen, die er hauptsächlich nach der Bulbuslänge in drei Gruppen einteilte: 31 Emmetrope (23 mm - 25 mm), 20 Myope, davon 15 (26 mm - 31 mm) und 5 (24 mm - 26 mm, "mit hinterem Skleralstaphylom und Aderhautatrophie nächst der Papille") und 4 Hyperope(21 mm - 22 mm). 1897 hat Weiss, der sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung des Auges und seiner Anhangsgebilde beschäftigte, Bestimmungen an "5 Erwachsenen" durchgeführt. Motais M. untersuchte 1903 "19 Präparate". 1951 veröffentlichte Fink, 1957 Thiel Messungen an je 100 Präparaten. Unsere Messungen (1980) erfolgten an 30 rechten und 27 linken Kopfhälften. Duke-Elder (1961) übernahm für die Mm. obliqui weitgehend die Messungen von Fink (1951) und für die Mm. recti die Werte von Scobee (1952), in dessen Buch kein Hinweis auf die Quelle seiner Angaben gemacht wurde. Zitat: Duke-Elder 1961 S. 427: "In the description which is given of the extrinsic ocular muscles the measurements stated are average figures based on those recorded for the rectus muscles by Scobee (1952) and for the oblique muscles by Fink (1951)."

Unter dem Namen "Motais" zitierten Wolff (1933) und Duke-Elder (1961) Motais E. (1887), Fink (1951) Motais H. (1887) und wir Motais M. (1903). So erklären sich unterschiedliche Werte unter dem gleichen Namen.

Nur selten findet man genaue Angaben über die gemessenen Strecken, wie zum Beispiel der Muskellänge, die nur bei Volkmann (1869) und Testut (1894) genau definiert ist. Volkmann (1869) untersuchte die Muskellänge ohne die Sehne mitzumessen, während Testut (1894) die Sehne mitrechnete (Zitat Testut: "Cette longueur mesure en moyen pour chacun d'eux (muscles) 40 mm y compris les tendons"). Bei den meisten Autoren wird nur von der Muskellänge gesprochen. In unserer Arbeit wird zwischen der Muskellänge und der Muskelgesamtlänge - Summe der Muskel- und Sehnenlänge - unterschieden.
In vielen Veröffentlichungen wurden nur die Sehnen der Muskeln ausgemessen. Das größte Interesse galt dem Abstand: Mitte der Insertionslinie zum Limbus corneae.
Einige Autoren gaben neben dem Mittelwert auch die Minima-Maximawerte an, während Hogan (1971) einen mittleren Wertebereich veröffentlichte ohne diesen näher zu definieren.
Es werden nur diejenigen Meßergebnisse diskutiert, zu denen vergleichbare Literaturangaben vorliegen.

II. Ergebnisse:

1.) M. rectus inferior

- Muskellänge

Die meisten Angaben, die man in der Literatur über die Muskellänge findet, beziehen sich auf Volkmann, der 1869 einen Mittelwert von 40,00 mm gemessen hat (rechts 38,75 mm, links 40,25 mm). Wir (1980) bestimmten die Muskellänge mit 37,31 mm (rechts 36,95 mm, links 37,70 mm), die Muskelgesamtlänge mit 41,87 mm (rechts 41,36 mm, links 42,40 mm). Testut (1894) gab eine Muskelgesamtlänge von 40 mm an.
Die verschiedenen Angaben über die Muskellänge lassen sich wahrscheinlich dadurch erklären, daß der Ursprung des M. rectus inferior sehr unterschiedlich festgelegt werden kann. Wir haben von der Mitte des Annulus tendineus aus gemessen.

- Sehnenlänge

Für die mittlere Sehnenlänge gaben Merkel (1885), Wolff (1933), Fink (1951) und Duke-Elder (1961) übereinstimmend 5,5 mm an. Nur Motais M. (1903) veröffentlichte 3 - 4 mm, und Hesser (1913) 4,5 mm. Unsere Ergebnisse (1980) liegen bei 4,65 mm (rechts 4,70 mm, links 4,66 mm).

- Sehnenbreite

Fuchs bestimmte (1884) eine mittlere Sehnenbreite für emmetrope Augen von 9,8 mm (zwischen 7,8 mm und 13,2 mm), für myope von 10,4 mm und für hyperope von 9,6 mm. Wolff (1933), Fink (1951) und Duke-Elder (1961) gaben ebenfalls den Wert 9,8 mm an. Hogan veröffentlichte 1971 einen mittleren Wertebereich von 9,8 mm bis 10,3 mm. Weiss (1897) hat im Mittel 10,35 mm (von 10 mm bis 11 mm) und Motais M. (1903) 9,5 mm gemessen. Unsere Ergebnisse (1980) sind mit 8,63 mm (rechts 8,59 mm, links 8,68 mm) die kleinsten.
Eine Erklärung für unsere Werte könnte das Zitat von Merkel (1874) S. 56 geben: "Ein bis 1 1/2 mm vor der eigentlichen Anheftung aber entwickeln sich reichlichere Bindegewebsmassen von ziemlich fester Beschaffenheit, welche die Sehnen an den Augapfel anheften. Dieselben erstrecken sich auch noch auf beide Kanten der platten Sehnen und so kommt es, daß eine vollständige Bestimmung der Breite der letzteren eigentlich gar nicht gegeben werden kann."

Wir bemühten uns, das Bindegewebe vollständig von der in der Konsistenz festeren Sehne abzutrennen und haben vielleicht deshalb kleinere Werte als die, die in der Literatur zu finden sind.

- Abstand des Sehnenansatzes zum Limbus corneae

a.) innerer Insertionsrand - Limbus corneae

Motais M. (1903) gab 5,25 mm und Weiss (1897) 6 mm an. Wir (1980) bestimmten bei einem signifikanten Rechts-Links-Unterschied 7,29 mm (rechts) und 6,76 mm (links).

b.) Insertionsmitte - Limbus corneae

Für die mittlere Distanz fanden sich in der Literatur weitgehend übereinstimmende Angaben, die wir (1980) mit unseren Ergebnissen 6,79 mm (rechts 6,73 mm, links 6,85 mm) bestätigen. Tillaux (1875) und Motais M. (1903) bestimmten 6 mm, Gat (1947) gab 6,4 mm an, Testut (1894), Wolff (1933), Fink (1951) und Duke-Elder (1961) veröffentlichten 6,5 mm; Fuchs' (1884) Werte betrugen 6,5 mm für emmetrope Augen (5,3 mm bis 8,2 mm), 6,9 mm für myope und 6,0 mm für hyperope. Sappey (1879) und Thiel (1957) gaben 6,7 mm an. Hogan (1971) veröffentlichte 6,6 mm bis 6,9 mm, Weiss (1897) 6,85 mm (6 mm - 7,5 mm), Krause (1832) 7,07 mm und Merkel (1885) 7,2.

c.) seitlicher Insertionsrand - Limbus corneae

Motais M. (1903) bestimmte mit 4,25 mm einen unwahrscheinlich kleinen Wert. Weiss (1897) gab 10,25 mm an. Unsere Ergebnisse (1980) betragen 9,08 mm (rechts 8,89 mm, links 9,30 mm).

Motais E. (1887) veröffentlichte 5,5 mm für den kleinsten Abstand der Insertionslinie zum Limbus corneae.

Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) des M. rectus inferior

		Muskellänge	Sehne		Abstand - Limbus		
			Länge	Breite	innen	Mitte	seitlich
1832 Krause						7,07	
1869 Volkmann		40,0					
	re	39,75					
	li	40,25					
1884 Fuchs				9,8		6,5	
1875 Tillaux						6	
1879 Sappey						6,7	
1885 Merkel			5,5			7,2	
1897 Weiss				10,35	6	6,85	10,25
1894 Testut		40 [2]				6,5	
1903 Motais M.			3-4	9,5	5,25	6	4,25
1913 Hesser			4,5				
1933 Wolff			5,5	9,8		6,5	
1947 Gat						6,4	
1951 Fink			5,5	9,8		6,5	
1957 Thiel						6,7	
1961 Duke-Elder			5,5	9,8		6,5	
1971 Hogan				9,8-10,3		6,6-6,9	
1980 Horn		37,31	4,68	8,63	1)	6,79	9,08
	re	36,95	4,70	8,59	7,29	6,73	8,89
	li	37,70	4,66	8,68	6,76	6,85	9,30
		41,87 [2]					
	re	41,36 [2]					
	li	42,40 [2]					

1) Da der Rechts-Links-Unterschied für den Abstand: innerer Insertionsrand - Limbus corneae signifikant ist, konnte kein Gesamtmittelwert gebildet werden.

2) Muskelgesamtlänge

2.) M. rectus lateralis

- Muskellänge

Der von Volkmann (1869) für die Muskellänge angegebene Wert von 40,6 mm (rechts 40,5 mm, links 40,7 mm) wurde von Schneller (1898) beanstandet. Schneller (1898) selbst gab 45,8 mm an. Duke-Elder (1961) veröffentlichte mit 40,6 mm den gleichen Wert wie Volkmann.
Eigene Messungen (1980) ergaben für die Muskellänge 36,15 mm (rechts 36,36 mm, links 35,94 mm); für die Muskelgesamtlänge 43,57 mm (rechts 43,04 mm, links 44,18 mm). Testut beschrieb die Muskelgesamtlänge mit 40 mm.

Die unterschiedlichen Ergebnisse lassen sich dadurch erklären, daß der M. rectus lateralis einen u-förmigen Ursprung von der Spina m. recti lateralis des großen Keilbeinflügels und des Annulus tendineus hat. Wir wählten die Spina m. recti lateralis als Ursprung.

- Sehnenlänge

Merkel (1885) hat eine Sehnenlänge von 3,7 mm gemessen. Motais M. (1903) und Hesser (1913) bestimmten je 8 mm, während Wolff (1933) und Duke-Elder (1961) 8,8 mm angaben. Unsere Ergebnisse (1980) betragen 7,49 mm (rechts 7,19 mm, links 7,82 mm).

- Sehnenbreite

Die in der Literatur gefundenen Werte über die Sehnenbreite stimmen mit eigenen Messungen (1980) 9,41 mm (rechts 9,57 mm, links 9,22 mm) weitgehend überein. 1903 hat Motais M. 9 mm gemessen. Wolff (1933) und Duke-Elder (1961) veröffentlichten den gleichen Wert von 9,2 mm, den Fuchs (1884) für die emmetropen Augen errechnete (8,5 mm bis 10,2 mm). Für die myopen Augen ermittelte er 10,1 mm, für die hyperopen Augen 9,1 mm. Weiss (1897) bestimmte 9,67 mm (8,3 mm bis 12,0 mm) und Hogan (1971) gab 9,2 mm - 9,7 mm an.

- Abstand des Sehnenansatzes zum Limbus corneae

a.) oberer Insertionsrand - Limbus corneae

Der Abstand wurde von Motais M. (1903) mit 5,5 mm und von Weiss (1897) mit 7,75 mm angegeben. Wir (1980) ermittelten 8,65 mm (rechts 8,59 mm, links 8,72 mm).

b.) Insertionsmitte - Limbus corneae

Gat (1947) bestimmte 6,6 mm, Weiss (1897) 6,75 mm (min. 6,25 mm, max. 7,75 mm), Merkel (1885) sowie Motais M. (1903) 6,8 mm, Fuchs (1884) für emmetrope 6,9 mm (min. 5,3 mm, max. 8,2 mm). Der gleiche Wert 6,9 mm wurde noch von Wolff (1933), Duke-Elder (1961) und Hogan (1971) angegeben. Sappey (1879) veröffentlichte 7 mm, Tillaux (1875) 7,1 und Testut (1894) 7,2 mm. Unsere Werte (1980) ergaben 7,38 mm (rechts 7,48 mm, links 7,25 mm), während Volkmann (1869) die Werte von Krause mit 7,85 mm für glaubwürdig hielt.

c.) unterer Insertionsrand - Limbus corneae

Motais M. (1903) veröffentlichte 3,5 mm und Weiss (1897) 7,75 mm. Wir (1980) bestimmten bei einem signifikanten Rechts-Links-Unterschied 8,70 mm (rechts) und 8,06 mm (links).

Motais E. (1887) gab für den kleinsten Abstand von der Insertionslinie zum Limbus corneae 6,7 mm an.

Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) des M. rectus lateralis

		Muskellänge	Sehne		Abstand - Limbus		
			Länge	Breite	oben	Mitte	unten
1832 Krause						7,85	
1869 Volkmann		40,6					
	re	40,5					
	li	40,7					
1875 Tillaux						7	
1879 Sappey						7,2	
1884 Fuchs				9,2		6,9	
1885 Merkel			3,7			6,8	
1894 Testut		40 [2]				7,1	
1897 Weiss				9,67	7,75	6,75	7,75
1898 Schneller		45,8					
1903 Motais M.			8	9	5,5	6,8	3,5
1913 Hesser			8				
1933 Wolff			8,8	9,2		6,9	
1947 Gat						6,6	
1957 Thiel						7,6	
1961 Duke-Elder		40,6	8,8	9,2		6,9	
1971 Hogan				9,2-9,7		6,9	
1980 Horn		36,15	7,49	9,41	8,65	7,38	1)
	re	36,36	7,19	9,57	8,59	7,48	8,70
	li	35,94	7,82	9,22	8,72	7,25	8,06
		43,57 [2]					
	re	43,04 [2]					
	li	44,18 [2]					

1) Da der Rechts-Links-Unterschied für den Abstand: unterer Insertionsrand - Limbus corneae signifikant ist, konnte kein Gesamtmittelwert gebildet werden.

2) Muskelgesamtlänge

3.) M. obliquus inferior

- Muskelgesamtlänge

Die Muskelgesamtlänge wurde von uns (1980) mit 31,84 mm (rechts 32,37 mm, links 31,27 mm) gemessen. Volkmann (1869) gab 34,5 mm (rechts 34,6 mm, links 34,5 mm), Fink (1951) 35 - 38 mm und Duke-Elder (1961) 37 mm an.

Unsere niedrigen Werte lassen sich dadurch erklären, daß der M. obliquus inferior meistens eine gebogene Verlaufsrichtung hat, und wir nicht die Länge entsprechend des Faserverlaufes bestimmten, sondern die kürzeste Entfernung zwischen dem Ursprung und dem Ansatz an dem vom Orbitarand gelösten und herauspräparierten Muskel.

- Muskelbreite

a.) am Ursprung

Fink (1951) veröffentlichte für die Muskelbreite am Ursprung 4 - 6 mm, während unsere Werte (1980) 3,74 mm (rechts 3,81 mm, links 3,65 mm) betragen.

b.) in Muskelmitte

Wir (1980) ermittelten die Werte 7,36 mm (rechts 7,56 mm, links 7,13 mm), Fink (1951) gab den Bereich von 8 - 10 mm an.

- Ansatzbreite

Der M. obliquus inferior setzt oft bogenförmig am Bulbus oculi an. Wir haben nicht die Länge dieses Bogens gemessen, sondern die Entfernung zwischen dem vorderen und hinteren Ansatzrand und erhielten 9,06 mm (rechts 9,05 mm, links 9,06 mm). Fuchs (1884) bestimmte für die emmetropen Augen 9,4 mm (min. 7,0 mm, max. 11,2 mm) und für die myopen 10,5 mm. Wolff veröffentlichte 1933 ebenfalls den Wert 9,4 mm. Duke-Elder (1961) gab 9,5 mm (zwischen 5 mm und 14 mm) und Fink (1951) 9,6 mm (Schwankungen zwischen

8 mm und 14 mm) an. Weiss (1897) ermittelte 11,45 mm (min. 10,5 mm, max. 13 mm) und Motais M. (1903) den größten Wert mit 12 mm.

- Abstand der Insertion zum Limbus corneae

a.) vom vorderen Ansatzrand aus

Motais M. (1903) bestimmte einen Abstand von 16 mm und Weiss (1897) 16,66 mm. Unsere Werte (1980) wurden im Bogenmaß gemessen 18,43 mm (rechts 18,38 mm, links 18,50 mm) und stimmen nach der Umrechnung ins Sehnenmaß 16,58 mm (rechts) und 16,66 mm (links) sehr gut mit den Literaturangaben überein.

b.) vom hinteren Ansatzrand aus

Weiss (1897) gab einen Abstand von 20,96 mm an. Unsere (1980) im Bogenmaß erhaltenen Werte 27,02 mm, (27,02 mm für rechts und links) korrelieren nach der Umrechnung ins Sehnenmaß 21,50 mm (rechts) und 21,47 mm (links) sehr gut mit dem Wert von Weiss (1897).

Merkel (1885) gab einen "mittleren Abstand" von 17,3 mm und Fink (1951) von 18,3 mm an.

- Abstand der Insertion zum Außenumfang des Nervus opticus

a.) vom vorderen Ansatzrand aus

Weiss (1897) bestimmte den Abstand mit 12,95 mm; unsere Werte (1980) betragen 13,96 mm (rechts 14,11 mm, links 13,80).

b.) vom hinteren Ansatzrand aus

Fink (1951) veröffentlichte 4,26 mm (von 3 mm - 6 mm), Wolff (1933) 5 mm, Fuchs (1884) für emmetrope Augen 5,2 mm (min. 3,8 mm, max. 7,5 mm) und für myope 7,1 mm. Weiss (1897) gab 5,65 mm an. Unsere Werte (1980) liegen bei 6,19 mm (rechts 6,20 mm, links 6,18 mm). Motais M. (1903) bestimmte 7 mm.

- Abstand des vorderen Ansatzrandes des M. obliquus inferior zum unteren Ansatzrand des M. rectus lateralis

Fink (1951) gab den Abstand im Mittel mit 9,46 mm (8 mm - 11 mm) an und Merkel (1885) mit 9,5 mm. Wir (1980) bestimmten 10,08 mm (rechts 9,91 mm, links 10,26 mm).

Fuchs (1884) veröffentlichte als "mittleren Abstand" zwischen den beiden Muskeln 9,5 mm (min. 6,8 mm, max. 11,2 mm) für emmetrope Augen, 9,7 mm für myope und 9,3 mm für hyperope.

- Abstand der Insertion zum M. obliquus superior

a.) von den beiden vorderen Ansazträndern aus

Weiss (1897) bestimmte 15 mm (min. 12 mm, max. 17 mm) und Fink (1951) 16 mm. Duke-Elder (1961) gab 15 mm an. Unsere Werte (1980) ergaben 14,48 mm (rechts 14,26 mm, links 14,71 mm).

b.) von den beiden hinteren Ansatzrändern aus

Wir (1980) bestimmten 11,77 mm (rechts 12,02 mm, links 11,50 mm). Weiss (1897) veröffentlichte 11,90 mm (min. 9 mm, max. 15 mm) und Fink (1951) 13,5 mm.

Tabelle über die diskutierten Meßergebnisse (in mm) des M. obliquus inferior

		Muskel-länge	Muskelbreite Ursprung	Mitte	Ansatz	Abstand-Limbus vorne	hinten
1869 Volkmann		34,5					
1884 Fuchs					9,4		
1885 Merkel						17,3[1]	
1897 Weiss					11,45	16,66	20,96
1903 Motais M.					12	16	
1933 Wolff					9,4		
1951 Fink		34-38	4-6	8-10	9,6		
1957 Thiel						18,3[1]	
1961 Duke-Elder		37			9,5		
1980 Horn		31,84	3,74	7,36	9,06	18,43[2]	27,02[2]
	re	32,37	3,81	7,56	9,05	18,38[2]	27,02[2]
	li	31,27	3,65	7,13	9,06	18,50[2]	27,02[2]
	re					16,58[3]	21,50[3]
	li					16,66[3]	21,47[3]

1) Angaben als "mittlerer Abstand"

2) Angaben im Bogenmaß

3) Angaben im Sehnenmaß

		Abstand der Insertionsränder zum Nervus opticus vorne	hinten	M. rect. lat. vorne	hinten	M. obli. superior vorne	hinten
1869 Volkmann							
1884 Fuchs			5,2		9,5[1]		
1885 Merkel				9,5			
1897 Weiss		12,95	5,65			15	11,9
1903 Motais M.			7				
1933 Wolff			5				
1951 Fink			4,26	9,46		16	13,5
1957 Thiel							
1961 Duke-Elder			3-6			15	
1980 Horn		13,96	6,19	10,08	17,33	14,48	11,77
	re	14,11	6,20	9,91	17,20	14,26	12,02
	li	13,80	6,18	10,26	17,46	14,71	11,50

Z U S A M M E N F A S S U N G

1.) Für die ausgemessenen Durchmesser der 52 Bulbi oculi gilt, daß der Longitudinaldurchmesser signifikant größer ist als der Transversal- und Vertikaldurchmesser. Der Transversaldurchmesser ist - nicht signifikant - etwa 0,4 mm größer als der Vertikaldurchmesser.

2.) An den 52 Corneae ist der Transversaldurchmesser signifikant größer als der Vertikaldurchmesser. Für den Transversaldurchmesser stellten wir einen signifikanten Rechts-Links-Unterschied fest.

3.) An 59 Präparaten wurden die Mm. rectus inferior, rectus lateralis et obliquus inferior unter Berücksichtigung der Rechts-Links-Unterschiede in ihrem muskulären und sehnigen Anteil auf ihre Länge, die Breite - an verschiedenen Stellen - ihre Dicke sowie ihre Ansatzverhältnisse zum Limbus corneae, zum Nervus opticus und zu den Nachbarsehnen untersucht.
Der M. rectus inferior ist in seiner Muskellänge um etwa 1 mm größer und in seiner Muskelgesamtlänge um etwa 2 mm kleiner als der M. rectus lateralis.
In seinem gesamten Verlauf ist der M. rectus inferior um etwa 2 mm schmäler als der M. rectus lateralis.
Die Sehne des M. rectus inferior hat am Bulbus eine schräge, nach vorne leicht konvexe Ansatzlinie, die von seitlich unten nach innen oben zieht und deren Abstand gemessen vom seitlichen Ansatzrand zum Limbus corneae um etwa 2 mm größer ist als die Abstände vom inneren und mittleren Ansatzrand.
Für den Abstand - innerer Insertionsrand - Limbus corneae - liegt ein signifikanter Rechts-Links-Unterschied vor.

Der M. rectus lateralis hat eine fast vertikale, nach vorne leicht konvexe Ansatzzone. Für den Abstand - unterer Insertionsrand - Limbus corneae - liegt ein signifikanter Rechts-Links-Unterschied vor.

Der Abstand der Insertionsränder vom M. rectus inferior zum M. rectus medialis ist um etwa 1 mm kürzer als derjenige zum M. rectus lateralis.

Der M. obliquus inferior verdoppelt seine Muskelbreite vom Ursprung bis zur Mitte und verändert sie zum Ansatz hin nur geringfügig.
In 60 % der Fälle inserierte der M. obliquus inferior sehnig, in 23 % lag ein rein muskulärer Ansatz vor und in 17 % ein überwiegend muskulärer Ansatz, an dessen vorderer Ansatzkante ein dreieckiger Sehenanteil vorhanden war.
An einem Präparat teilte sich die Sehne in zwei parallel einstrahlende Abschnitte.
In 50 von 52 Fällen inserierten die Muskeln in einer schrägen Linie, die von vorne unten nach hinten oben zog.

Herrn Professor Dr. J. Lang danke ich ganz herzlich für die Überlassung des Themas und seine stets freundliche Unterstützung in allen anstehenden Fragen.

Ebenso gilt mein Dank Herrn Priv. Doz. Dr. H.-M. Schmidt, der mir beim Literaturstudium, der Diagrammauswahl und der statistischen Auswertung immer gute Ratschläge gab.

Herrn Hippéli danke ich für die Anfertigung der Skizzen und Diagramme sowie allen Angestellten des Anatomischen Institutes für die Hilfsbereitschaft bei der Beschaffung des nötigen Materials.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

Documenta Geigy — Wissenschaftliche Tabelle
6. Auflage Basel: J.R. Geigy S.A. 1962

Duke-Elder, St. Sir and Wybar, K.C. — System of ophthalmology, Vol. II
The anatomy of the visual system
London: H. Kimptom 1961
S. 80 - 82, S. 92 - 94, S. 414 - 448

Fink, W.H. — Surgery of the vertical muscles of the eye
Thomas Springfeld, 1951, 1. Auflage
1962, 2. Auflage, S. 90 - 121

Friede, R. — Zur Klinik der Mikrokornea und ihrer Obergangsformen
Klin. Mbl. Augenheilk. LXIX 1922 II, S. 561-562

Friede, R. — Zur Variabilität des waagerechten und senkrechten Hornhautdurchmessers und der Oberflächengröße der Hornhaut und der Lederhaut bei der Megalokornea, Normalkornea und Mikrokornea
Zeitschrift für Augenheilkunde 81, 1933,
S. 132 - 142

Fuchs, E. — Beiträge zur normalen Anatomie des Augapfels
Graefe's Arch. für Ophthalm. Band 30, Abt. 3-4,
1884, S. 1 - 20

Gat, L. — Ein Beitrag zur Topographie des Ansatzes der 4 geraden Augenmuskeln
Ophthalmologica (Basel) Band 114, 1947, S. 43 - 51

Grod, A.	Über die Dauerresultate der Operation bei angeborenem Star mit Berücksichtigung des Wachstumsverhaltens des Auges vor und nach der Operation Arch. für Augenheilkunde 67, 1910, S. 251
Haseloff, O.W., Hoffmann, H.J.	Kleines Lehrbuch der Statistik 4. Auflage, de Gruyter, Berlin 1970
Hesser, C.	Der Bindegewebsapparat und die glatte Muskulatur der Orbita des Menschen Anatomische Hefte Band 49, 147. Heft, 1913, S. 99
Hogan, J.M., Alvarado, J.A. Weddel, J.	Histology of the human eye W.B. Saunders Company, London 1971 S. 45 - 54, S. 60 - 62
Jäger, E.	Einstellung des dioptischen Apparates im menschlichen Auge 1861
Krause, C.F.T.	Einige Bemerkungen über den Bau und die Dimensionen des menschlichen Auges Arch. für Anat. und Physiol. 6, 1832, S. 86 - 120
Krause, C.F.T.	Fortsetzung der Untersuchung über die Gestalt und Dimensionen des Auges Arch. der Phys. und Chem. 39, S. 529 - 543
Merkel, Fr.	Makroskopische Anatomie Gräfe-Sämisch: Handbuch der gesamten Augeheilkunde 1. Band: Anatomie und Physiologie 1. Theil, Capitel 1, 1874, S. 50 - 60

Merkel, Fr.	Handbuch der topographischen Anatomie Band 1, Viehweg, Braunschweig, 1885, S. 290 - 293
Motais, E.	L'appareil moteur de l'oeil Paris, 1887
Motais, M. (d'Angers)	Anatomie et physiologie de l'appareil moteur de l'oeil de l'homme Encyclopedie francaise d'ophthalmologie Tome I, O.Doin, Paris, 1903, S. 137 - 153
Peter, R.	Über die Corneagröße und ihre Vererbung Graefe Archiv, Band 115, 1925, S. 29 - 37
Rohen, J.	Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen 3. Band: Haut und Sinnesorgane 4. Teil: Das Auge und seine Hilfsorgane Springer, Berlin, 1964, S. 8, S. 423
Sachs, L.	Angewandte Statistik 4. Auflage, Springer, Berlin, 1973
Salzmann, M.	Anatomie und Histologie des menschlichen Aug- apfels im Normalzustand, seine Entwicklung und sein Altern Franz Deuticke, Leipzig u. Wien, 1912
Sappey, Ph. C.	Traite d'anatomie descriptive, Vol. II Masson, Paris, 1879
Schneller	Anat. Phys. Untersuchungen über die Augenmuskeln Neugeborener Graefe Arch. für Ophthalm., Band 47, 1898, S. 178 - 226

Scobee, R.C.	The oculorotary muscles C.V. Mosby Company, London, 1947, S. 21 - 35
Simon, H., Stahl, K.	Nachschlagebücher für Grundlagenfächer-Mathematik 10. Auflage, Fachbuchverlag Leipzig, 1974 S. 379, S. 405
Simpson, G.G., Roe, A., Lewontin, R.C.	Quantitative zoology Harcourt, Brace and Company, New York, 1960
Smith, P. *)	On the size of the cornea in relation to age, sex, refraction and primary glaucoma Transactions of the ophthalmol. society U.K. Vol. 10, 1890, S. 68 - 78
Testut, L.	Traite d'anatomie humaine Tome 3, O.Doin, Paris, 1894, S. 207 - 220
Thiel, H.L.	zitiert bei Rohen, J.
Tillaux, P.	Traite d'anatomie topographique 1er fascicule, Edition 6, 1875
Volkmann, A.W.	Zur Mechanik der Augenmuskeln Bericht der Kön. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, Sitzung am 6.2.1869
Weiss, L.	Wachstum des menschlichen Auges Anatomische Hefte, Band 8, 1897, S. 191 - 248
Wolff, E.	Anatomy of the eye and orbit Lewis, London, 1968, S. 251 - 265

*) irreführenderweise in der Literatur oft unter Pristley-Smith zu finden

L E B E N S L A U F

Name:	Ute Horn, geb. von den Eichen
Geboren:	24.02.1954 in Jülich
Eltern:	Arztehepaar Drs. med. U. und W. von den Eichen
Geschwister:	eine jüngere Schwester
Konfession:	evangelisch
Staatsangehörigkeit:	deutsch
Volksschule:	1960 - 1964 in Jülich
Naturwiss. Gymnasium:	1964 - 1972 in der St.-Josefs-Schule (Jülich)
Abitur:	Mai 1972 in Jülich
Studium der Physik:	1972 - 1973 in Aachen
Studium der Medizin:	1973 - 1975 in Lüttich (Belgien)
	1975 - 1976 in Würzburg
Physikum:	August 1976 in Würzburg
1. Staatsexamen:	August 1977 in Würzburg
2. Staatsexamen:	August 1979 in Würzburg
3. Staatsexamen:	Oktober 1980 in Würzburg
Familienstand:	verheiratet

Würzburg, den 30.10.1980

Ute Horn

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80